Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Deltares
Enabling Delta Life

Verkenning effecten nieuwe zeejachthavens op het beheer en onderhoud van de kust

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Deltares

Verkenning effecten nieuwe zeejachthavens op het beheer en onderhoud van de kust

Pieter Koen Tonnon (Deltares)
Leo van Rijn (www.leovanrijn-sediment.com)
Roy Schrijver (RWS Waterdienst)

1206723-000

© Deltares, 2012

Titel

Verkenning effecten nieuwe zeejachthavens op het beheer en onderhoud van de kust

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Deelprogramma Kust van het Deltaprogramma & Rijkswaterstaat Waterdienst	1206723-000	1206723-000-ZKS-0009	75

Trefwoorden

Deltaprogramma, deelprogramma Kust, morfologie, jachthaven, beheer, onderhoud, kust, kustlijnmodel

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de effecten van nieuwe jachthavens op het beheer en onderhoud van de kust. Het is in opdracht van het deelprogramma Kust van het Deltaprogramma opgesteld door Deltares en Rijkswaterstaat Waterdienst. Als onderdeel van de opdracht is een uitgebreide samenvatting opgenomen voorafgaand aan Hoofdstuk 1.

Referenties

- Verzoek tot offerte RWS Waterdienst d.d. 16 mei 2012 met kenmerk 31070305/Hofman
- Offerte Deltares d.d. 31 mei 2012 met kenmerk 1206723-000-ZKS-0002
- Opdracht RWS Waterdienst d.d. 11 Juni 2012 met kenmerk Bestelnummer 4500197714

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	sept. 2012	Ir. P.K.Tonnon		Ir. H. de Vroeg		Ir. T. Schilperoort	
		Prof. dr ir. L.C. van Rijn					
		R. Schrijver BSc.					

Status

definitief

Inhoud

Samenvatting **iii**

1 Inleiding en inventarisatie zeejachthavens **1**
1.1 Aanpak en leeswijzer 1
1.2 Kustfundament & - typen 2
1.3 Bestaande jachthavens 3
1.4 Wensen tot ontwikkelen nieuwe jachthaven 4
1.4.1 Cadzand-Bad 4
1.4.2 Katwijk 4
1.4.3 Noordwijk 5
1.4.4 Zandvoort 5
1.4.5 Petten 6

2 Beleidsmatige context nieuwe zeejachthavens **7**
2.1 Voorgaand kustbeleid 7
2.2 Vigerend kustbeleid 8
2.3 Aandachtspunten 10

3 Algemene beschouwing van de hydraulische en morfologische effecten van zeejachthavens **13**
3.1 Inleiding 13
3.2 Beschrijving van de Hollandse kust 13
3.3 Golven en stroming 17
3.3.1 Golven 17
3.3.2 Stroming 18
3.3.3 Zandtransport en morfologie 22
3.4 Kustuitbouw nabij zeejachthaven 25
3.5 Effectiviteit van suppleties 28

4 Morfologische effecten van nieuwe zeejachthavens langs de Nederlandse kust **29**
4.1 Inleiding 29
4.2 Model opzet 29
4.2.1 Berekeningen 33
4.3 Lokale effecten zeejachthavens 34
4.3.1 Effecten jachthaven Katwijk 34
4.3.2 Effecten jachthaven Noordwijk 38
4.3.3 Effecten jachthaven Egmond 41
4.3.4 Effecten jachthaven Petten 45
4.4 Cumulatieve effecten zeejachthavens 49
4.4.1 Effecten jachthavens Katwijk en Noordwijk 49

5 Conclusies en aanbevelingen **55**

Referenties **59**

Bijlage(n)

A Berekende netto en bruto langstransporten **A-1**

B Zandtransport langs een jachthaven (bypass) **B-1**
B.1 Model opzet B-1
B.2 Model resultaten B-2
B.3 Conclusies B-7

Samenvatting

Door RWS Waterdienst / *Roy Schrijver*

Het deelprogramma Kust werkt aan een Nationale Visie Kust (NVK) voor een veilige, aantrekkelijke en economische sterke kust en beschouwt daarbij maatschappelijke wensen. Eén van de wensen is het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament. Deelprogramma Kust heeft de Waterdienst van Rijkswaterstaat verzocht om hiervan de effecten op het zandtransport langs de kust en de gevolgen voor het beheer en onderhoud middels onderzoek in beeld te brengen. Dit onderzoek geeft antwoord op de navolgende vragen:

1. Waar liggen bestaande jachthavens langs de Nederlandse kust?
2. Op welke plaatsen heeft men wensen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament?
3. Wat is het rijksbeleid t.a.v. de ontwikkeling van nieuwe jachthavens in het kustfundament?
4. Welke aandachtspunten kunnen t.a.v. nieuwe jachthavens meegegeven worden?
5. Wat zijn de algemene morfologische effecten van jachthavens langs de kust?
6. Wat zijn de (cumulatieve) morfologische effecten van jachthavens op enkele van de onder punt 2 geïnventariseerde locaties?

De Waterdienst van Rijkswaterstaat heeft de antwoorden op de vragen 1 t/m 4, de inleiding en samenvatting verzorgd. Deltares heeft de antwoorden op de vragen 5 en 6 verzorgd.

Waar liggen bestaande jachthavens langs de Nederlandse kust en op welke plaatsen heeft men wensen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament?
Langs de Nederlandse kust of op steenworp afstand daarvan liggen momenteel zeventien jachthavens: twaalf langs de Waddenkust, twee langs de Hollandse kust en drie langs de Deltakust. Op vijf plaatsen langs de Nederlandse kust heeft men wensen en is er initiatief genomen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven, t.w.:

- *Cadzand-Bad*
- *Katwijk*
- *Noordwijk*
- *Zandvoort*
- *Petten*

Uit de inventarisatie volgt dat m.n. langs de Hollandse kust wensen zijn tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven. Dit is een van de twee redenen waarom de studie naar de morfologische effecten van nieuwe jachthavens gericht is op enkele locaties langs de Hollandse kust. De andere reden is omdat effecten langs de Hollandse kust met rekenmodellen relatief eenvoudig te definiëren zijn. Het duiden van specifieke effecten van een jachthaven langs de Delta- en Waddenkust vergt uitgebreider onderzoek vanwege de complexe morfologie van deze kusttypen.

Wat is het rijksbeleid t.a.v. de ontwikkeling van nieuwe jachthavens in het kustfundament?
Het ontwikkelen van een jachthaven in stedelijk gebied is in beginsel mogelijk voor zover daarbij geen belemmering kan ontstaan voor de instandhouding of versterking van het zandige deel van het kustfundament of voor het onderhoud, de veiligheid of mogelijkheden voor versterking van de primaire waterkering. Het ontwikkelen van een jachthaven in

buitenstedelijk gebied is denkbaar als aangetoond kan worden dat de jachthaven per saldo positief bijdraagt aan een kwalitatieve of kwantitatieve versterking van het zandige deel van het kustfundament.

Welke aandachtspunten kunnen t.a.v. nieuwe jachthavens meegegeven worden?
Vanuit het perspectief van de waterkeringsbeheerders zijn enkele aandachtspunten aan te duiden t.a.v. het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven, t.w.:

1) Een nieuwe jachthaven mag de veiligheid niet aantasten.
2) Het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven moet stroken met vigerend beleid.
3) Wanneer de kosten voor de waterkeringsbeheerder hoger uitvallen als gevolg van een nieuwe jachthaven, dan zal hiervoor zeer waarschijnlijk compensatie gevraagd worden.
4) Het is voor de beheerder geen reden om heden financieel bij te dragen aan de ontwikkeling van een nieuwe jachthaven wanneer deze een toekomstige besparing van beheer- en onderhoudskosten oplevert.
5) Een zeejachthaven vergt bijzondere aandacht van de beheerder vanwege de irreguliere aard van effecten en te nemen maatregelen.
6) Verzanding van een zeejachthaven door natuurlijke processen van de kust dient beperkt te zijn zodat discussies aangaande aansprakelijkheid op afstand blijven.

Andere opvallende aandachtspunten die uit dit onderzoek volgen:

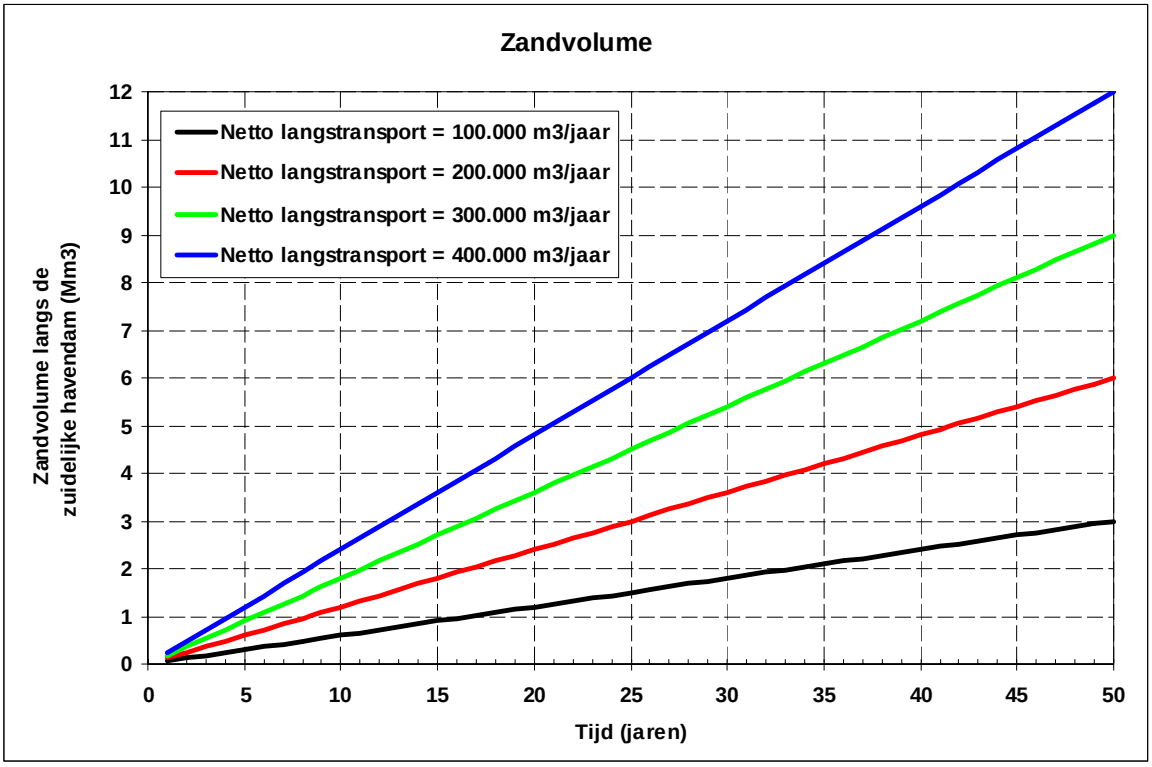
- Ter hoogte van een haveningang van een zeejachthaven kunnen zwakke wervelstromen ontstaan die mogelijk hinderlijk zijn voor kleinere schepen.
- Om toegankelijkheid te verbeteren en verzanding te beperken dient de haveningang zoveel mogelijk zeewaarts van de brandingszone te liggen.

Wat zijn de algemene morfologische effecten van jachthavens langs de kust?
Op basis van voorgaande studies zijn de volgende effecten van een jachthaven langs de Hollandse kust aan te duiden:

- aan de zuidkant van de zeejachthaven zal een brede strandvlakte ontstaan door blokkade van het noordgaande langstransport van zand (zie Figuur 3.13 en Figuur 3.14); de breedte van de nieuwe strandvlakte is afhankelijk van de geometrie van de havendammen (lengte en vorm); de zandvlakte zal zich op termijn uitbreiden tot een kustlangs gebied van ca. 3 tot 5 km;
- aan de noordkant van de jachthaven zal een kleinere strandvlakte ontstaan door blokkade van het langstransport tijdens situaties met wind en golven uit het noorden;
- verder weg ten noorden van de jachthaven (op een afstand gelijk aan de lengte van de dammen, ca. 0.5 to 1 km) zal kusterosie optreden door het weer op gang komen van het noordgaande zandtransport; een dergelijk effect treedt ook ten zuiden van de jachthaven op;
- verstuiving van zand en vorming van nieuwe duinen aan de zuidzijde (op lange termijn);
- geringe aanzanding in de haveningang op langere termijn, afhankelijk van de lengte van de golfbrekerdammen;
- ontstaan van ontgrondingskuilen ter plaatse van de haveningang door stroomcontractie;
- ontstaan van circulatiestromen (muistromen) aan weerszijden van de havendammen.

De maximale kustuitbouw en het aanzanding- en erosievolume kan eenvoudig worden afgeschat door het volume van de parabolische kustaangroei gelijk te stellen aan het netto langstransport (zie Figuur i). Met de efficiëntie factor voor suppleties kan vervolgens het

jaarlijkse suppletievolume worden bepaald. In de praktijk is het suppletievolume bij vooroeversuppleties tweemaal het erosievolume, bij strandsuppleties minder dan tweemaal, maar de kosten hiervan liggen hoger.



Figuur i Zandvolume als functie van tijd aan zuidzijde van een zeejachthaven langs de Hollandse kust (gelijk aan het erosievolume aan de noordzijde)

Wat zijn de (cumulatieve) morfologische effecten van jachthavens op enkele van de onder punt 2 geïnventariseerde locaties?

Aan de hand van berekeningen met het kustlijnmodel UNIBEST-CL+ zijn de lokale morfologische effecten in beeld gebracht. Deze effecten zijn bepaald voor twee standaard havenontwerpen met havendammen van respectievelijk 350 m en 600 m voor vier locaties langs de Hollandse kust, t.w.: Katwijk, Noordwijk, Egmond en Petten. Hoewel Egmond geen initiatief heeft genomen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven, is deze locatie meegenomen om het inzicht in de effecten van een jachthaven langs de Hollandse kust verder aan te vullen. De cumulatieve effecten van twee nabij gelegen jachthavens zijn bepaald aan de hand van een berekening waarin jachthavens bij zowel Katwijk als Noordwijk zijn meegenomen.

De morfologische effecten van nieuwe jachthavens bij Katwijk, Noordwijk, Egmond of Petten (in de toekomstige situatie zonder de Hondsbossche en Pettemer Zeewering en strandhoofden) met havendammen van 600 m lengte, met een bypass (gedeelte van het netto langstransport dat de havendammen passeert) van 50% zijn samengevat in Tabel i.

	Katwijk	Noordwijk	Egmond	Petten (in toekomstige situatie zonder HPZ* en strandhoofden)
netto langstransport [m^3/jaar]	260.000	260.000	-20.000	480.000
relatieve kustuitbouw in 20 jaar [m]	160	175	40	270
relatieve kustrecesssie in 20 jaar [m]	90	110	5 à 10	250
invloedszone aan weerszijden na 20 jaar [km]	5	4.3	2 tot 6	6
relatief erosievolume in 20 jaar [Mm^3]	2	2.3	0.3	ca. 8.8

*Tabel i Overzicht van morfologische effecten van een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m, met 50% bypass. NB: het aanzandingsvolume is gelijk aan het erosievolume. * Hondsbossche en Pettemer Zeewering*

Het netto langstransport bij Egmond zoals bepaald in deze studie op basis van een uitgebreid golfklimaat is met ca. 20.000 m^3/jaar vrij klein en zuidgaand waar eerdere studies tot een hoger noordgaand netto transport uitkwamen van ca. 50.000 tot 125.000 m^3/jaar. Divergentie van het netto langstransport met zuidgaand transport ten zuiden van Egmond en noordgaand transport ten noorden van Egmond zou stroken met de praktijk waarbij er regelmatig gesuppleerd moet worden bij Egmond. Het valt echter buiten de scope van deze studie de grootschalige transportpatronen in meer detail te bestuderen. Het verdient daarom aanbeveling de richting en grootte van het langstransport bij Egmond verder te bestuderen.

De morfologische effecten van een nieuwe jachthaven met havendammen van 350 m lengte, met 75% bypass zijn grofweg een factor 2 kleiner. Hierbij wordt opgemerkt dat er bij jachthavens met relatieve korte havendammen weliswaar minder onderhoud van de aanliggende kust noodzakelijk is, maar dat er veel meer sedimentatie van de toegangsgeul en havenmonding optreed en er problemen met de toegankelijkheid van de haven zijn te voorzien in de winterperiode.

Cumulatieve morfologisch effecten van jachthavens bij Katwijk en Noordwijk:

- Het netto langstransport tussen Katwijk en Noordwijk is vrijwel constant en bedraagt ca. 260.000 m3/jaar in noordelijke richting. De effecten van jachthavens op beide lokaties is vrijwel identiek met een maximale, relatieve kustuitbouw aan de zuidzijde en een maximale, relatieve kustrecesssie aan de noordzijde van respectievelijk 160 tot 170 m in 20 jaar en 90 tot 110 m in 20 jaar voor jachthavens met havendammen van 600 m lengte. Het totale erosievolume als gevolg van de aanleg van een jachthaven in dit gebied bedraagt ca. 2 to 2.3 Mm3 in 20 jaar.
- Bij aanleg van jachthavens bij zowel Katwijk als Noordwijk blijft de maximale, relatieve kustuitbouw en kustrecessie als gevolg van de aanleg van de jachthavens van dezelfde orde-grootte als bij een enkele jachthaven. En hoewel de erosiezone ten noorden van de noordelijkste jachthaven groter is dan bij een enkele jachthaven, is het totale erosievolume vrijwel gelijk aan tweemaal het erosievolume van een enkele jachthaven. Voor wat betreft het beheer en onderhoud van de kust is aanleg van twee nabijgelegen jachthaven dus niet gunstiger of ongunstiger dan de aanleg van twee jachthavens op onderling grotere afstand.

1 Inleiding en inventarisatie zeejachthavens

Door RWS Waterdienst / Roy Schrijver

Het Deltaprogramma staat voor een Nederland dat beschermd is tegen water, waar voldoende zoetwater voorhanden is en het prettig vertoeven is, nu en in de toekomst. De lange termijndoelstellingen van het Deltaprogramma zijn gevat in negen deelprogramma's, waaronder deelprogramma Kust.

Het deelprogramma Kust werkt aan een Nationale Visie Kust (NVK) voor een veilige, aantrekkelijke en economische sterke kust en stelt zich hierbij o.a. de vraag hoe we de benutting van mogelijkheden van ons Noordzeekustsysteem kunnen optimaliseren. Dit houdt in dat, hoewel veiligheid de eerste doelstelling is, er ook andere maatschappelijke wensen voor gebruik van de kust worden beschouwd bij het opstellen van de visie. Eén van de wensen is het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament.

Een jachthaven (incluis havendammen) in het kustfundament heeft effect op het zandtransport langs de kust en zodoende mogelijk gevolgen voor de wijze waarop Rijkswaterstaat zijn taak en het beleid uitvoert, d.i. duurzame handhaving van de basiskustlijn en het kustfundament op peil houden. Deelprogramma Kust heeft de Waterdienst van Rijkswaterstaat verzocht om deze effecten en gevolgen middels onderzoek in beeld te brengen. Dit onderzoek zal bijdragen aan de ontwikkeling van de voornoemde visie waarin de wens voor nieuwe jachthavens in het kustfundament is meegewogen. Economische aspecten worden buiten beschouwing gelaten aangezien deze reeds in een ander onderzoek worden meegenomen.

Dit onderzoek geeft antwoord op de navolgende vragen:

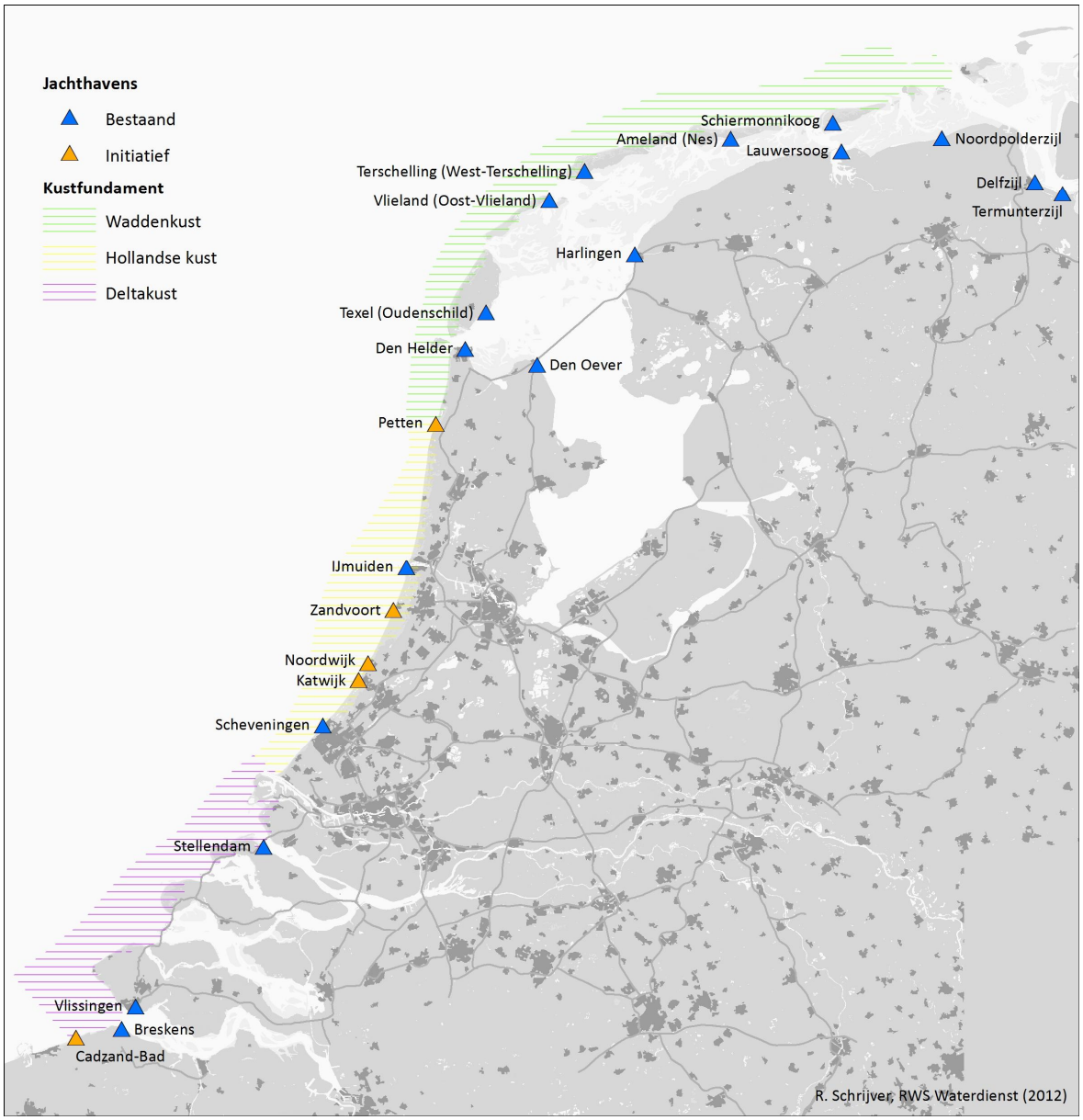
1. Waar liggen bestaande jachthavens langs de Nederlandse kust?
2. Op welke plaatsen heeft men wensen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament?
3. Wat is het rijksbeleid t.a.v. de ontwikkeling van nieuwe jachthavens in het kustfundament?
4. Welke aandachtspunten kunnen t.a.v. nieuwe jachthavens meegegeven worden?
5. Wat zijn de algemene morfologische effecten van jachthavens langs de kust?
6. Wat zijn de (cumulatieve) morfologische effecten van jachthavens op enkele van de onder punt 2 geïnventariseerde locaties?

1.1 Aanpak en leeswijzer

Dit eerste hoofdstuk beschrijft de achtergrond van de studie inclusief een inventarisatie van bestaande jachthavens en initiatieven voor nieuwe jachthavens. In Hoofdstuk 2 wordt de beleidsmatige context geschetst, waarna in Hoofdstuk 3 een beschouwing wordt gegeven van de algemene hydraulische en morfologische effecten van jachthavens. In Hoofdstuk 5 worden de effecten van nieuwe jachthavens op het beheer en onderhoud van de kust nagegaan met behulp van berekeningen met een kustlijnmodel. Het laatste hoofdstuk geeft de conclusies en aanbevelingen. Voor in dit rapport is een uitgebreide samenvatting opgenomen.

1.2 Kustfundament & - typen

Dit onderzoek heeft, in lijn met het deelprogramma, betrekking op jachthavens in het kustfundament van de Nederlandse kust (Figuur 1.1). Het kustfundament 'draagt' aan de landzijde de waterkerende functie van duinen en dijken en vervult daarmee een belangrijke rol in het handhaven van de veiligheid van het achterland. Het draagt ook o.a. de natuur- en recreatiefuncties van duingebieden en kustplaatsen inclusief hun havens. In de 'natte' zone vinden morfologische processen plaats die van belang zijn voor de vorming van strand en duinen. De zeewaartse grens bestaat uit de doorgaande -20 meter NAP-lijn.



Figuur 1.1 Overzicht Nederlandse kust en -typen

Verder wordt de Nederlandse kust onderverdeeld in drie kusttypen (Figuur 1.1), t.w.:

- de Waddenkust met achterliggende eilanden en intergetijdengebied en de kust van Noord-Holland Noord,
- de Hollandse kust met aaneengesloten duinen, strekkend van Hoek van Holland tot de kust van noord-Holland Noord (t.h.v. Petten),
- de Deltakust met al of niet afgesloten zeearmen en riviermondingen, strekkend van Hoek van Holland tot België.

Deze kustregio's verschillen niet alleen in fysieke eigenschappen maar ook in aard en intensiteit van ruimtegebruik. Deze verschillen werken door in de technische en ruimtelijk-economische mogelijkheden om een jachthaven te herbergen, uit te breiden of nieuw te ontwikkelen.

1.3 Bestaande jachthavens

Langs de Nederlandse kust of op steenworp afstand daarvan, liggen momenteel zeventien jachthavens (Figuur 1.1 en Tabel 1.1): twaalf langs de Waddenkust, twee langs de Hollandse kust en drie langs de Deltakust. Overigens valt op dat, gelet op het van het aantal lig- en passantenplaatsen, de jachthavens langs de Waddenkust meer gericht zijn op passanten dan de andere jachthavens. Verder liggen drie van de zeventien jachthavens: Scheveningen, IJmuiden en Vlieland, met hun havendammen in het kustfundament.

Locatie	Ligplaatsen	Passantenplaatsen	Water
Delfzijl	123	23	Eems
Termunterzijl	100	*	Eems
Stellendam	400	*	Haringvliet
Den Oever	0	30	IJsselmeer
Lauwersoog	440	60	Lauwersmeer\Waddenzee
Scheveningen	296	40	Noordzee
IJmuiden	650	*	Noordzee
Den Helder	80	125	Waddenzee
Texel (Oudenschild)	225	250	Waddenzee
Vlieland (Oost-Vlieland)	50	250	Waddenzee
Terschelling (West-Terschelling)	150	345	Waddenzee
Ameland (Nes)	60	120	Waddenzee
Schiermonnikoog	35	120	Waddenzee
Harlingen	96	125	Waddenzee
Noordpolderzijl	8	4	Waddenzee
Breskens	580	*	Westerschelde
Vlissingen	185	*	Westerschelde
* vrije ligplaats = passantenplaats			

Tabel 1.1 Overzicht bestaande jachthavens (diverse bronnen, zie overzicht bij Referenties)

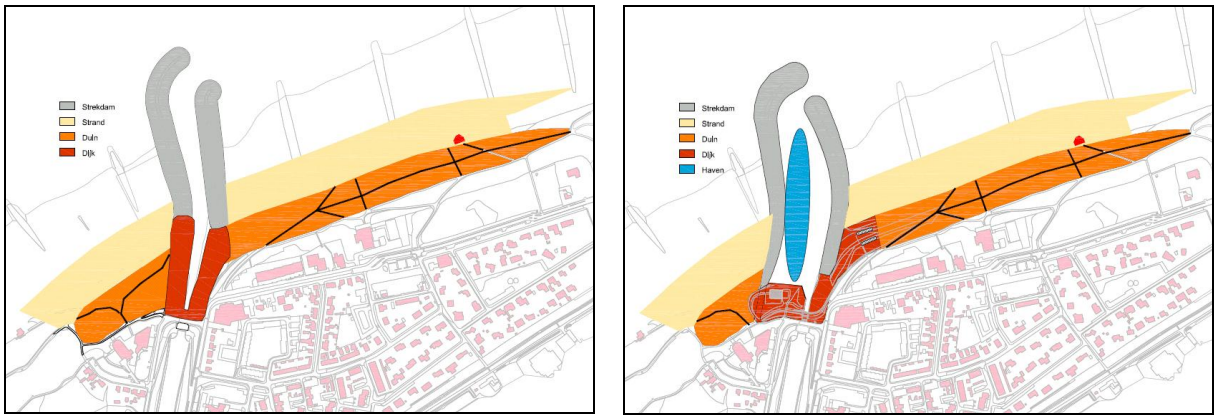
Bij vrijwel alle jachthavens bestaat de behoefte aan uitbreiding. De voorliggende beschouwing beperkt zich echter tot de locaties waar men wensen heeft tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven.

1.4 Wensen tot ontwikkelen nieuwe jachthaven

Op vijf plaatsen langs de Nederlandse kust heeft men wensen en is er initiatief genomen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven, namelijk: Cadzand-Bad, Katwijk, Noordwijk, Zandvoort en Petten.

1.4.1 Cadzand-Bad

Bij Cadzand-Bad moeten de strekdammen bij het uitwaterende gemaal worden verhoogd in verband met hoogwaterveiligheid. Deze ingreep zal waarschijnlijk gecombineerd worden met de aanleg van een jachthaven tussen de strekdammen. Door de westelijke strekdam enigszins naar het westen te verplaatsen, ontstaat er ruimte tussen de strekdammen voor een jachthaven met ongeveer 110 plaatsen (Figuur 1.2). Het plan doorloopt momenteel een m.e.r.-procedure en wordt naar verwachting in 2013/2014 uitgevoerd.



Figuur 1.2 Ontwerp jachthaven Cadzand-bad

1.4.2 Katwijk

Plannen voor de ontwikkeling van een zee(jacht)haven in Katwijk steken sinds begin jaren '20 de kop op. De context van deze plannen verschillen naar gelang het tijdsbeeld Destijds waren de plannen gericht op uitbreiding van de visserij. Sinds de jaren ‘80 tot op heden zijn ze meer gericht op toerisme en recreatie.

In 2008 werd door Gemeente Katwijk een onderzoek ingesteld naar de haalbaarheid van de ontwikkeling van een zeejachthaven. Deze haalbaarheidsstudie mondde in 2011 uit in de keuze voor de buitendijkse variant ‘Baai’ (Figuur 1.3). Een verbinding tussen de jachthaven en het Hollands Plassengebied behoorde hierbij tot de mogelijkheden. Verder werd gesteld dat de jachthaven zou bijdragen aan de kustveiligheid door zand tegen te houden en door de buitensluis, die als zwakke schakel is aangemerkt, af te schermen.

Figuur 1.3 Ontwerp jachthaven Katwijk; buitendijkse variant 'baai' (links) en overzichtskaart met mogelijke verbinding tussen jachthaven en het Hollands plassengebied (rechts)

Eind november 2011 oordeelde een meerderheid van de commissie Ruimte de plannen en impressies te grootschalig en het financiële risico te groot. Daarop besloot de gemeenteraad dat de ontwikkeling van een zeejachthaven wenselijk blijft, maar dat de gemeente zich terugtrekt als projectpartner. De gemeente blijft wel als gesprekspartner openstaan voor discussies, plannen en initiatieven van marktpartijen en andere overheden.

1.4.3 Noordwijk

In opdracht van een gemeentefractie is er in 2008 een haalbaarheidsstudie verricht naar de ontwikkeling van een nieuwe jachthaven bij Noordwijk. Uit de studie kwam naar voren dat het aanleggen van een buitendijkse zeejachthaven bij Noordwijk technisch, financieel, maatschappelijk- en ecologisch verantwoord valt in te passen. Het idee van het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven is opgenomen in de Integrale Ruimtelijke Visie Noordwijk Zeewaardig (2009), één van de vier gebiedsuitwerkingen van de Ruimtelijke Structuurvisie Noordwijk 2030:

"Een zeewaartse ontwikkeling in het algemeen en een zeejachthaven in het bijzonder zouden passen bij het imago van een innovatieve badplaats, zeker als in deze ontwikkelingen mogelijkheden voor het opwekken van duurzame energie worden meegenomen. Deze ontwikkelingen bieden economische kansen voor Noordwijk en zijn een aanvulling op het huidige toeristische aanbod dat Noordwijk rijk is. In de nabije toekomst zullen de mogelijkheden voor deze zeewaartse ontwikkeling als uitwerking van deze visie nader worden onderzocht."

In de Strategie Noordwijk Zeewaardig (2011) wordt verder gestalte gegeven aan de uitvoering van de visie, maar daarin wordt niet meer gerept over het idee van het ontwikkelen van een jachthaven.

1.4.4 Zandvoort

Gemeente Zandvoort geeft in haar structuurvisie 'Parel aan Zee' (2009) te kennen dat zij voor 2015 een onderzoek instellen naar de wenselijkheid en de mogelijkheid van een haven voor Zandvoort Noord. Hierbij wordt de locatie, de mer-plicht, de morfologische gevolgen, de

verkeersgevolgen, de kosten en opbrengsten etc. onderzocht. Hierbij gaat het van een passantenhaven tot een heuse ontwikkeling met havenkommen. Als de uitkomst positief is, dan zal er een aparte structuurvisie voor de havenontwikkeling worden gemaakt.

1.4.5 Petten

Ter ere van het 400-jarig bestaan van de Zijpe- en Hazepolder werd in 1997 een ontwerpwedstijd gehouden voor de toekomstige kustzone van de Kop van Noord-Holland anno 2015-2025. Grontmij won de publieksprijs met het idee van een substantiële uitbouw van de kuststrook door een systeem van pieren, kribben en een stuifdijk. Eveneens voorzag het plan in de aanleg van een jachthaven en in de aanleg van een vaarverbinding met het binnenland. De ideeën zijn in 2003 verder vormgegeven door de Nederlandse Zeejachthaven Ontwikkelingsmaatschappij (NZO) en de Grontmij in het plan Marina Petten (Figuur 1.4). In dit plan draagt de jachthaven bij aan een duurzame invulling van kustveiligheid, inspelend op zwakke-schakel-status van de Pettemer Zeewering. De provincie heeft in 2006 echter de complexe besluitvorming rondom Marina Petten losgekoppeld van de meer urgente besluitvorming over kustveiligheid. Anno 2012 heeft gemeente Zijpe in de Structuurvisie Petten aangegeven dat het aanleggen van een jachthaven, gezien de huidige economische recessie, niet op korte termijn een reële mogelijkheid is.

Figuur 1.4 Ontwerp marina Petten

Uit de inventarisatie volgt dat m.n. langs de Hollandse kust wensen zijn tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven. Dit is een van de twee redenen waarom de studie naar de morfologische effecten van nieuwe jachthavens (hfst. 4) gericht is op enkele locaties langs de Hollandse kust. De andere reden is omdat effecten langs de Hollandse kust met rekenmodellen relatief eenvoudig te definiëren zijn. Het duiden van specifieke effecten van een jachthaven langs de Delta- en Waddenkust vergt uitgebreider onderzoek vanwege de complexe morfologie van deze kusttypen.

2 Beleidsmatige context nieuwe zeejachthavens

Door RWS Waterdienst / Roy Schrijver

Een voornemen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven in het kustfundament zal getoetst worden aan het waterveiligheidsbelang. Kustbeleid geeft uiting aan dit belang. In dit hoofdstuk wordt voorgaand en vigerend kustbeleid besproken en worden vanuit het perspectief van waterkeringbeheerders aandachtspunten aangeduid t.a.v. het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven.

2.1 Voorgaand kustbeleid

In de *1e Kustnota* (1990) werd voor het eerst een structureel beleid geformuleerd voor het omgaan met de erosieproblematiek van de zandige delen van het kustsysteem. Er werd in deze nota gekozen voor duurzaam handhaven van de veiligheid en duurzaam behoud van de functies en waarden in het duingebied. De strategie (of afgeleid doel) is de kustlijn tenminste te handhaven op de plaats waar die in 1990 lag. Door deze strategie wordt aan een basisvoorwaarde voor bescherming tegen overstroming voldaan. Om tegelijkertijd recht te doen aan het natuurlijk dynamisch karakter van de kust is dit beleid vervat in de term ‘dynamisch handhaven’. Hieronder wordt bijvoorbeeld verstaan: het toelaten van natuurlijke processen als verstuiving en sluftervorming.

In de *2e Kustnota* (1996) wordt gekozen voor voortzetting van het in 1990 gekozen beleid van dynamisch handhaven van de kustlijn. Vooruitkijkend wordt echter gesteld: "Om dynamisch handhaven op termijn van enkele decennia te kunnen blijven volhouden, moeten ook de zandverliezen op dieper water worden gecompenseerd."

De *3e Kustnota* (2000) ondersteunt de beleidskeuzes in de eerdere nota's. Tevens wordt er budget beschikbaar gesteld om de zandverliezen op dieper water te kunnen compenseren (stabiliseren van het kustfundament).

In de *Nota Ruimte* (2006) is een ruimtelijk begrensd kustfundament aangewezen om te benadrukken dat de kust één dynamisch systeem is, waarbinnen functies op elkaar worden afgestemd en waarbinnen samenhangend beheer noodzakelijk is.

Het ontwikkelingsperspectief van het Rijk is gericht op behoud en verbetering van het kustfundament en op sterkte houden van de zeewering. Daarnaast is het perspectief gericht op behoud en versterking van de bestaande aantrekkelijke structuur van uitgestrekte duingebieden met waardevolle natuurgebieden en drukbezochte kustplaatsen en inpassing van economische ontwikkelingen. De openheid (de ‘vrije horizon’) is daarbij een belangrijke landschappelijke kwaliteit. De identiteit van de kust wordt gevormd door de afwisseling van badplaatsen en lange trajecten van zandige kust. Bij de ruimtelijke ontwikkeling in de kustzone moet de zeewering op sterkte worden gehouden en nu al rekening worden gehouden met klimaatveranderingen die naar verwachting op een termijn van 200 jaar kunnen optreden.

Waarborging van het dynamische zandige kustsysteem als drager van alle functies in de kustzone staat daarbij voorop. De prioriteit ligt daarbij op het behoud en de ontwikkeling van

de veerkracht en natuurlijke dynamiek. Het kabinet streeft er naar om de bestaande zandvoorraden in de kustzone en het dynamische karakter ervan te waarborgen en de morfologische processen binnen het kustsysteem zoveel mogelijk ongemoeid te laten. Uitgangspunt van het beheer van de kust is daarom: 'zand als ordenend principe'. Ontwikkelingen die de natuurlijke dynamiek van het kustfundament versterken worden ondersteund. Verstening van de zandige kust is niet gewenst.

Bij het beheer van het kustfundament kiest het Rijk voor een strategie in drie stappen:

1 behoud van zand en ongehinderd transport van zand langs en dwars op de kust;
2 zoveel mogelijk zandige maatregelen als ingrepen noodzakelijk zijn, en;
3 alleen in uiterste geval kan zand met harde constructies worden vastgelegd.

De Nota Ruimte maakt wat betreft het bouwbeleid in het kustfundament, onderscheid in twee zones: bebouwd gebied en niet-bebouwd gebied. Voor bebouwd gebied geldt het 'ja, mits'-principe. Voor het niet-bebouwd gebied en het strand geldt het 'nee, tenzij'-principe voor nieuwe permanente bebouwing.

De Nota Ruimte is in 2012 vervangen door de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte.

De *Beleidslijn kust* (2007) geeft uitleg van het waterveiligheidsbelang in het kustfundament en van de toetsing aan dit belang. De beleidslijn heeft zijn basis in de 3^{e} Kustnota en de Nota Ruimte.

2.2 Vigerend kustbeleid

In het Nationaal Waterplan en de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte is de basis voor het huidige kustbeleid gelegd.

In het *Nationaal Waterplan (2009)* staat het kustbeleid voor de periode 2010-2015 verwoord. Het kustbeleid is een voortzetting van het beleid uit de 3^{e} Kustnota, de Nota Ruimte en de Beleidslijn kust. Het beproefde adagium voor de kustverdediging 'zacht waar het kan, hard waar het moet' en de 'ja mits – nee tenzij' benadering van ruimtelijke ontwikkelingen, blijft gelden.

In de *Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte* (SVIR; 2012) is in aansluiting op het Nationaal Waterplan als nationaal ruimtelijk belang verwoord dat de bescherming van Nederland tegen overstromingen vanuit zee blijvend gewaarborgd wordt. Een duurzaam kustfundament met voldoende ruimte voor de versterking van de zeewering met behoud van de natuurlijke waarden is het kerndoel.

Enkele van de in het SVIR genoemde nationale belangen zijn juridisch geborgd via het *Besluit algemene regels ruimtelijke ordening* (Barro; 2011). Het waterveiligheidsbelang is

onder meer geborgd door het kustfundament ruimtelijk te beschermen[1] met het eerder genoemde 'ja-mits, nee-tenzij'-regime (zie art. 2.3.4 en 2.3.5).

Artikel 2.3.4. (algemene regels ter zake van gronden behorend tot een primaire waterkering met inbegrip van de beschermingszones)

1. Met betrekking tot gronden waarop een primaire waterkering ligt of die de functie van primaire waterkering hebben, of beschermingszones, kan een bestemmingsplan worden vastgesteld dat een wijziging inhoudt ten opzichte van het daaraan voorafgaande bestemmingsplan voor zover bij de verwezenlijking daarvan geen belemmeringen kunnen ontstaan voor:
    a. de instandhouding of versterking van het zandige deel van het kustfundament, of
    b. het onderhoud, de veiligheid of mogelijkheden voor versterking van de primaire waterkering.

Artikel 2.3.5. (bouwen in het kustfundament buiten stedelijk gebied)

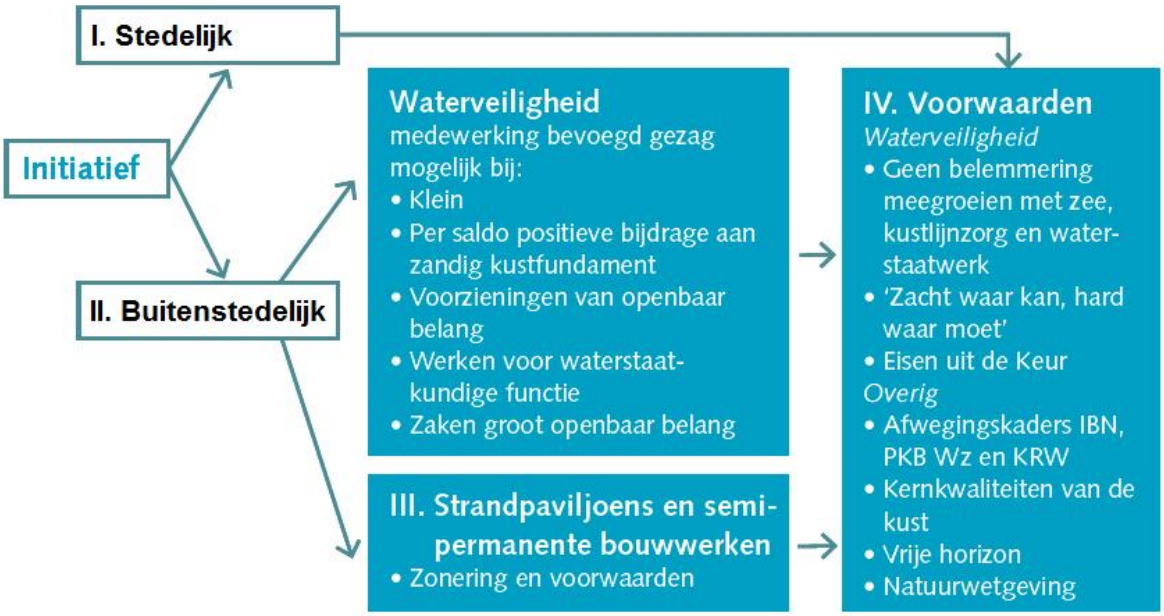
1. Een bestemmingsplan dat betrekking heeft op gronden buiten het stedelijk gebied maakt ten opzichte van het daaraan voorafgaande geldende bestemmingsplan geen nieuwe bebouwing mogelijk.
2. Het eerste lid is niet van toepassing op:
    a. bouwwerken ten behoeve van tijdelijke of seizoensgebonden activiteiten;
    b. herbouw of verbouw van een bestaand bouwwerk waarbij een eenmalige uitbreiding van het grondoppervlak met ten hoogste tien procent is toegestaan, te rekenen vanaf het tijdstip van inwerkingtreding van dit besluit;
    c. c. bouwwerken voor het openbaar belang voor zover deze bouwwerken niet buiten de gronden, bedoeld in het eerste lid, tot stand gebracht kunnen worden. Tot deze bouwwerken behoren in elk geval:
        i. bouwwerken voor telecommunicatievoorzieningen, opsporing, winning, opslag en transport van olie, gas en water, transport van elektriciteit en kleinschalige opwekking van elektriciteit door middel van windturbines;
        ii. bouwwerken voor het operationeel beheer van natuur of van hulpdiensten;
        iii. bouwwerken voor de waterstaatkundige functie van het kustfundament.
3. Het eerste lid is niet van toepassing voor zover nieuwe bebouwing bijdraagt aan versterking van het zandige deel van het kustfundament.

Intermezzo 2.1

Artikel 2.3.4 en 2.3.5 zijn een aangescherpte vertaling van respectievelijk het 'ja-mits'- en 'nee-tenzij'-beleid van de Beleidslijn kust, dat is gehandhaafd in het Nationaal Waterplan. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen twee soorten gebieden binnen het kustfundament: het stedelijk gebied (zonder het aan de rand gelegen stedelijk groen) en het buitenstedelijk gebied (Figuur 2.1). Het ontwikkelen van een jachthaven in stedelijk gebied is in beginsel mogelijk voor zover daarbij geen belemmering kan ontstaan voor de instandhouding of versterking van het zandige deel van het kustfundament of voor het onderhoud, de veiligheid of mogelijkheden voor versterking van de primaire waterkering.

[1] *In de Nota Ruimte was aangegeven dat provincies en gemeenten de definitieve landinwaartse begrenzing van het kustfundament vast dienen te leggen in streek- en bestemmingsplannen, in overleg met de beheerders van de zeeweringen. In het Barro wordt de begrenzing van het kustfundament op amvb-niveau (Algemene Maatregel van Bestuur) gedaan. De in de Beleidslijn kust benoemde kernkwaliteit 'uitzicht op de vrije horizon vanaf de gemiddelde hoogwaterlijn met de blik op zee' wordt in het Barro beschermd. Andere ruimtelijke kwaliteiten van het kustgebied laten zich niet van rijkswege eenduidig beschermen. Het borgen hiervan is een opgave voor de decentrale overheden.*

Het ontwikkelen van een jachthaven in buitenstedelijk gebied is denkbaar als aangetoond kan worden dat de jachthaven per saldo positief bijdraagt aan een kwalitatieve of kwantitatieve versterking van het zandige deel van het kustfundament.



Figuur 2.1 Schematische weergave beleidslijn 'ja, mits' in stedelijk gebied en 'nee, tenzij' in buitenstedelijk gebied. (uit: Beleidslijn kust; bebouwd en onbebouwd gewijzigd in respectievelijk stedelijk en buitenstedelijk.)

2.3 Aandachtspunten

Vanuit het perspectief van de waterkeringbeheerders zijn enkele aandachtspunten aan te duiden t.a.v. het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven. De aandachtspunten zijn geformuleerd op basis van gesprekken met de Waterdienst van Rijkswaterstaat, waterschap Scheldestromen en hoogheemraadschappen Hollands Noorderkwartier en Rijnland.

Het waterschap en de hoogheemraadschappen wisten veel te vertellen over het verloop van initiatieven waarbij hun aandachtspunten kort en bondig naar voren kwamen:

- Een nieuwe jachthaven mag de waterveiligheid niet aantasten.
- Wanneer de beheer- en onderhoudskosten hoger uitvallen als gevolg van een nieuwe jachthaven, dan zal hiervoor zeer waarschijnlijk compensatie gevraagd worden. (Voorbeeld: Een jachthaven bij Katwijk wordt in plannen voor de spuisluis gesitueerd. Door het spuien van boezemwater (max 96 m^3/s) via de jachthaven kunnen er nautisch onveilige situaties ontstaan. Een mogelijke oplossing is om te spuien via een spuikoker die verder de zee in strekt. Naast aanlegkosten brengt dit ook hogere beheer- en onderhoudskosten met zich mee.)

In het gesprek met de Waterdienst kwamen de volgende aandachtspunten naar voren:

- Een nieuwe jachthaven mag de waterveiligheid niet aantasten.
- Het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven moet stroken met vigerend beleid.
- Het is voor de beheerder geen reden om heden financieel bij te dragen aan de ontwikkeling van een nieuwe jachthaven wanneer deze een toekomstige besparing van beheer- en onderhoudskosten oplevert.
- Een zeejachthaven vergt bijzondere aandacht van de beheerder vanwege de irreguliere aard van effecten en te nemen maatregelen.
- Verzanding van een zeejachthaven door natuurlijke processen van de kust dient beperkt te zijn zodat discussies aangaande aansprakelijkheid op afstand blijven.
- Wanneer een nieuwe jachthaven leidt tot extra zandverlies, dan zal er zeer waarschijnlijk compensatie gevraagd worden voor de kosten om dit verlies aan te vullen.

Andere opvallende aandachtspunten die uit de volgende hoofdstukken volgen:

- Ter hoogte van een haveningang van een zeejachthaven kunnen zwakke wervelstromen ontstaan die mogelijk hinderlijk zijn voor kleinere schepen.
- Om toegankelijkheid te verbeteren en verzanding te beperken dient de haveningang zoveel mogelijk zeewaarts van de brandingszone te liggen.

3 Algemene beschouwing van de hydraulische en morfologische effecten van zeejachthavens

Door Deltares / Pieter Koen Tonnon & Leo van Rijn

3.1 Inleiding

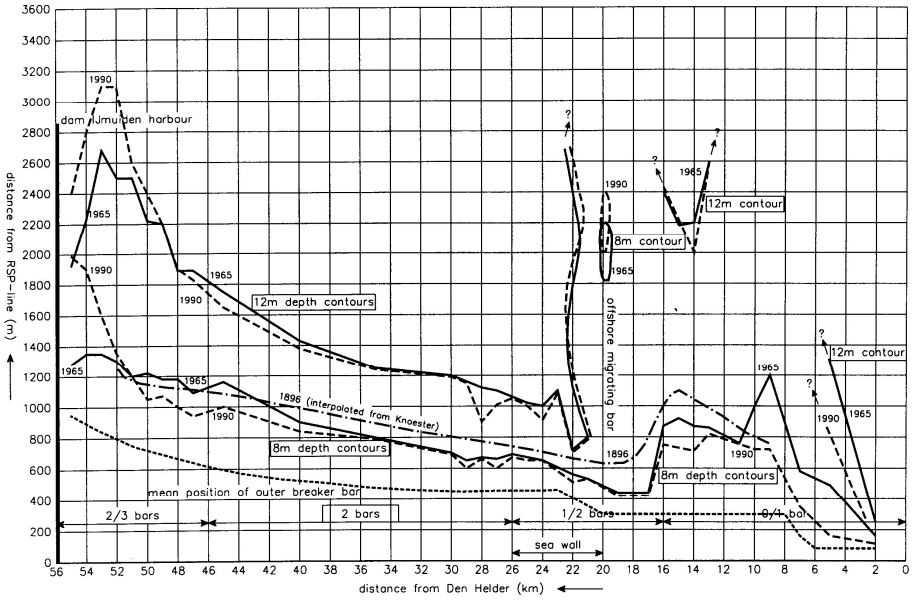
In dit hoofdstuk wordt een algemene beschouwing gegeven van de hydraulische en morfologische effecten van zeejachthavens langs de Hollandse kust. Zoals besproken in Hoofdstuk 1 liggen de meest realistische locaties voor nieuwe zeejachthavens tussen Katwijk en Petten.

De volgende onderwerpen worden behandeld:

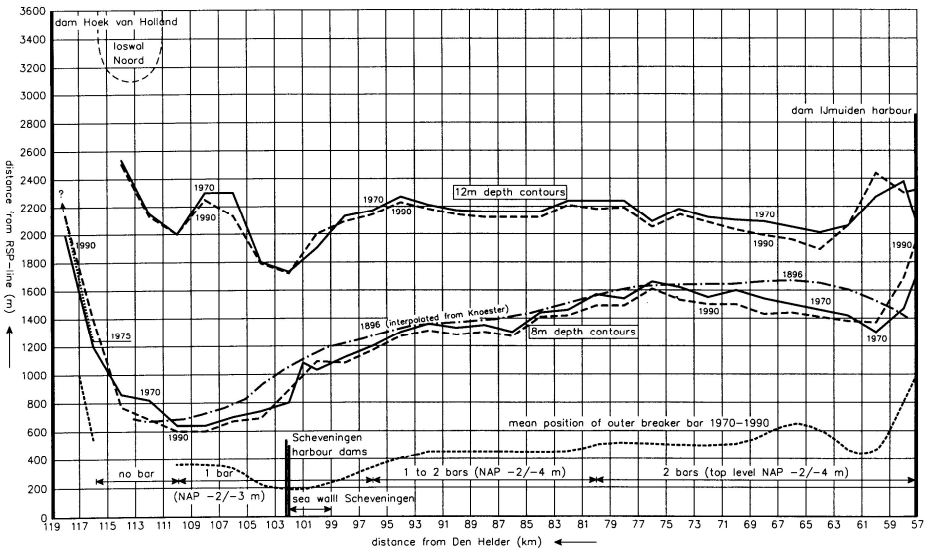
• beschrijving van de Hollandse kust;	lokale verschillen in bodemligging en autonome ontwikkeling bepalen de lokale effecten van jachthavens
• golven en stroming;	resulteren in zandtransport
• zandtransport en morfologie;	verschillende processen en effecten van jachthavens
• kustuitbouw nabij zeejachthaven;	benaderingsmethode om de effecten van jachthavens mee af te schatten

3.2 Beschrijving van de Hollandse kust

De Hollandse kust tussen Den Helder en Hoek van Holland is een natuurlijke, zandige kust met een breed strand en op de meeste plaatsen hoge zanduinen. Duinen ontbreken ter plaatse van de badplaatsen en zeeweringen. Bij IJmuiden en Scheveningen wordt de kust onderbroken door havendammen en zuidelijk van Petten is over ca. 5 km een zeewering aanwezig (HPZ; Hondsbossche en Pettemer Zeewering). De kustnabije zeebodem met de ligging van de -12 m en de -8m dieptelijnen langs de Hollandse kust is gegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2. De -8 m dieptelijn kenmerkt de rand van de brandingszone, waar de golven breken op de aanwezige zandbanken en als gevolg daarvan ontstaan er brandingsstromen bij scheef inkomende golven. De ligging van de buitenste brekerbank is ook aangegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2.



Figuur 3.1 Positie van -8 en -12 m dieptelijnen langs de Hollandse kust (noordelijk van IJmuiden) (bron: WL | Delft Hydraulics, 1995)

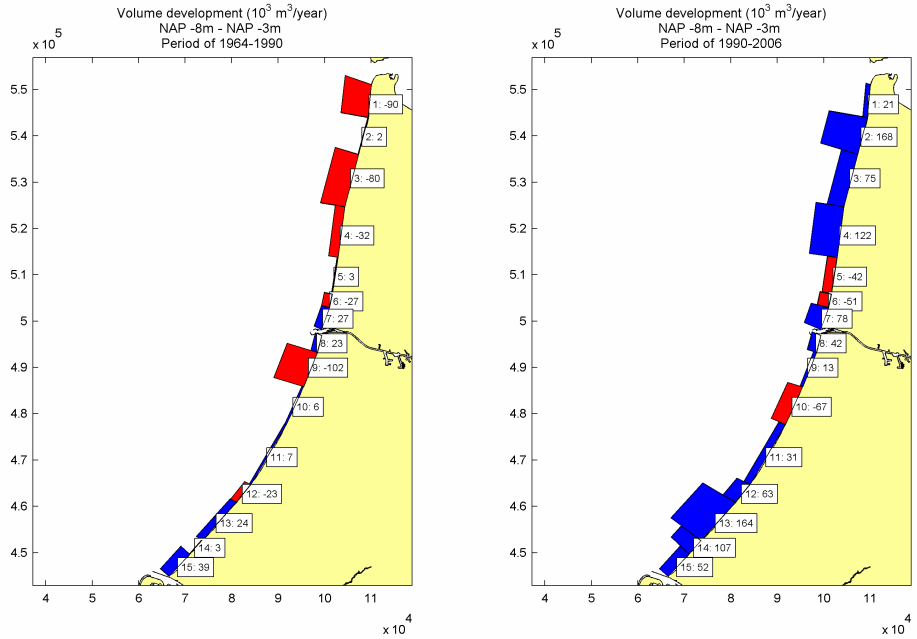


Figuur 3.2 Positie van -8 en -12 m dieptelijnen langs de Hollandse kust (zuidelijk van IJmuiden) (bron: WL | Delft Hydraulics, 1995)

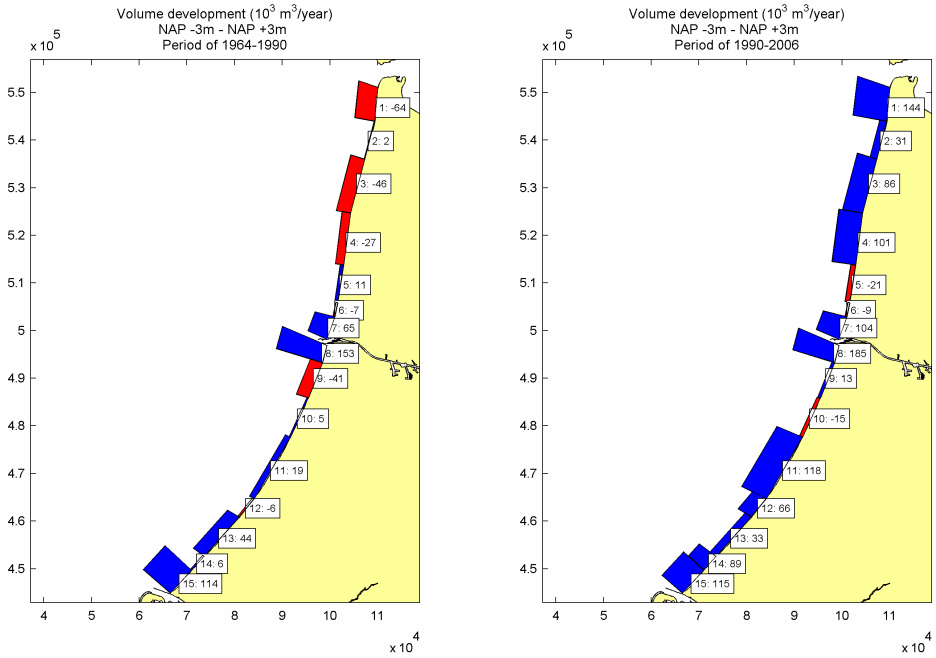
Tussen IJmuiden en Egmond zijn er twee tot drie brekerbanken in de brandingszone; zuidelijk van IJmuiden zijn er één of twee brekerbanken tot aan Delfland, waar brekerbanken ontbreken. Rondom IJmuiden ligt de -8 m dieptelijn relatief ver uit de kust (ca. 1.5 km) en loopt naar het noorden en zuiden geleidelijk terug naar de kust.

De ligging van de buitenste brekerbank is van belang voor de aanleg van een zeejachthaven omdat de haveningang zoveel mogelijk zeewaarts van de brandingszone moet liggen om verzanding te voorkomen. Tussen Katwijk en Zandvoort en tussen Wijk aan Zee en Egmond

ligt de buitenste brekerbank op ca. 500 m uit de kust ten opzichte van de RSP-lijn (RijksStrandPalen-Lijn). Tussen Petten en Callantsoog ligt de buitenste brekerbank veel dichter bij de kust op ca. 300 m. Deze laatste situatie zal in de toekomst anders zijn als de mega-suppletie ter plaatse van de HPZ en omgeving is uitgevoerd. Ook daar zal de buitenste brekerbank dan meer zeewaarts liggen op ca. 500 m uit de kust.



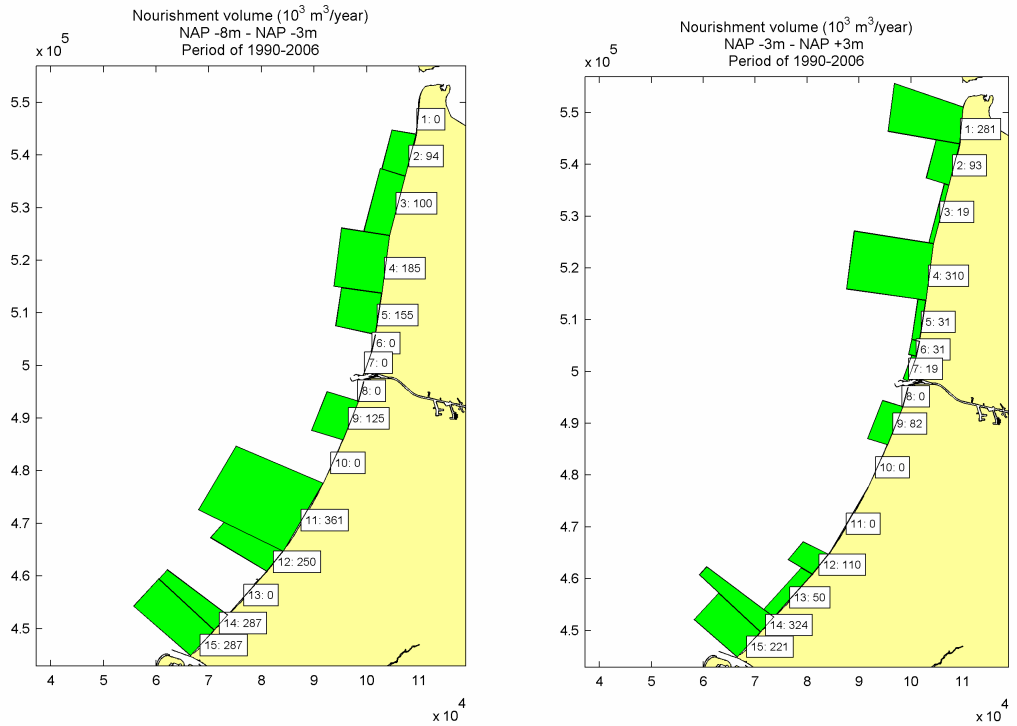
Figuur 3.3 Volume veranderingen in zone tussen -8 m en -3 m (tov NAP) obv JARKUS data (van Rijn, 2011) (Rood= erosie volume, -90,000 m^3 in vak 1); (Blauw= aangroei volume, 21,000 m^3 in vak 1 Links: periode 1964 tot1990 Rechts: period 1990 to 2006



Figuur 3.4 Volume veranderingen in zone tussen -3 m en +3 m (tov NAP) obv JARKUS data (van Rijn, 2011) (Rood= erosie volume, -64,000 m^3 in vak 1); (Blauw= aangroei volume, 144,000 m^3 in vak 1) Links: periode 1964 tot 1990 Rechts: periode 1990 tot 2006

Voor 1990 was de Hollandse kust onderhevig aan erosie op een aantal lokaties (Den Helder, HPZ, Egmond, Zandvoort, Scheveningen). Langs de meeste erosieve kustlokaties zijn korte, stenen strekdammen aanwezig om de kustachteruitgang zoveel mogelijk te beperken.

Figuur 3.3 en Figuur 3.4 tonen de gemiddelde jaarlijkse erosievolumes (rood) en aanzandingsvolumes (blauw) in de binnenste en buitenste brandingszone tussen de -8 m en +3 m contourlijnen in de periode voor en na 1990. De meeste erosie voor 1990 is waargenomen in de kop van Noord-Holland. De erosie was daar gemiddeld over enkele vakken van de orde 50,000 m^3/jaar over 5 km of orde 10 m^3/m/jaar. Bij een zandlaagdikte van ca. 10 m (-8 tot + 3 m) is dit ca. 1 m kustachteruitgang per jaar.



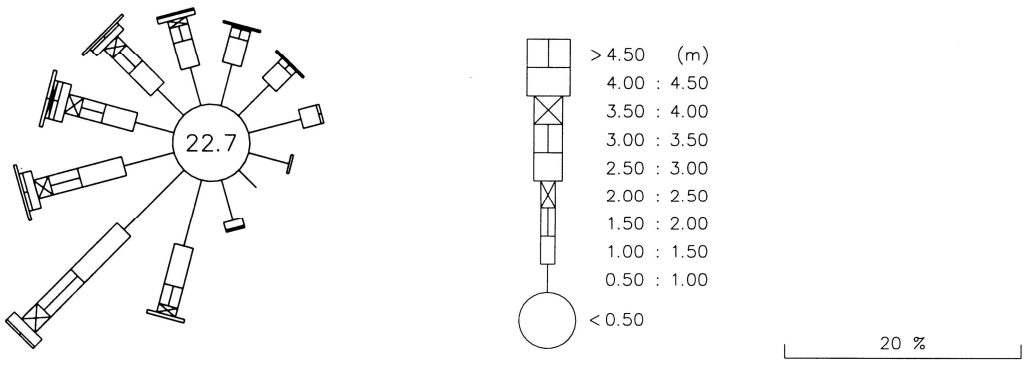
Figuur 3.5 Suppletie volumes (jaarlijks gemiddeld in m^3/jaar) in periode 1990 tot 2006 (van Rijn, 2011)
Links: zone tussen -8 en -3 m NAP Rechts: zone tussen -3 en +3 m NAP

Sinds 1990 wordt de kustlijn en de zandvoorraad in de kustzone in stand gehouden door middel van zandsuppleties. Figuur 3.5 toont de jaarlijkse suppletievolumes sinds 1990. Het totale suppletievolume in Noord-Holland was ca. 1 miljoen m^3 per jaar en dat in Zuid-Holland was ca. 2 miljoen m^3 per jaar.

3.3 Golven en stroming

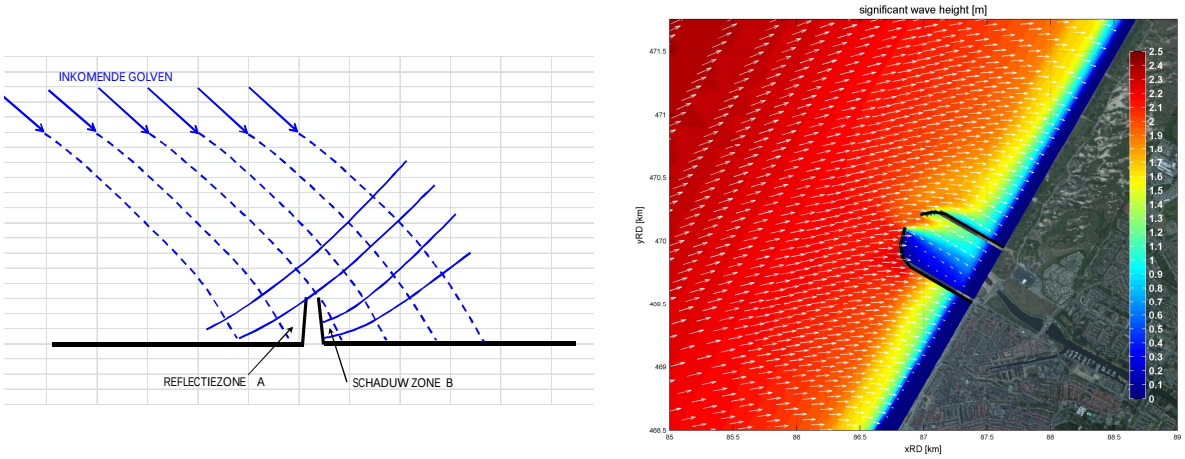
3.3.1 Golven

Het lange termijn golfklimaat langs de Hollandse kust (Locatie Scheveningen; periode 1980-1988; WL | Delft Hydraulics, 1995) is weergegeven in Figuur 3.6. De dominante golven komen uit zuid-westelijke richtingen. Golven kleiner dan 0,5 m treden op gedurende ca. 23% van de tijd (ca. 80 dagen per jaar). Golven worden op diep water opgewekt en lopen bij aanlandige wind naar de kust. Door refractie zullen de golfkammen zich steeds meer parallel aan de kust instellen. Dichtbij de kust breken de golven. De zone met brekende golven is de brandingszone waar zich ook brekerbanken kunnen vormen. De brekerbanken ontstaan vlak onder het strand en bewegen zich geleidelijk naar dieper water (ca. -6 tot -8 m NAP) waar ze langzaam uitdempen.



Figuur 3.6 Golfroos Scheveningen(offshore); periode 1980-1988

De aanwezigheid van een jachthaven heeft invloed op het lokale golfveld. Bij scheef inkomende golven ontstaat er aan de lijzijde een schaduwzone (zone B, Figuur 3.7), waarin alleen golfenergie kan doordringen via diffractie (zijdelingse energie-overdracht langs de golfkam). Aan de loefzijde (windzijde) van de haven (zone A, Figuur 3.7) kan de golfenergie toenemen door gedeeltelijke reflectie van de golven op de golfbreker (afhankelijk van het aanwezige type golfbreker). Figuur 3.7b toont het met Delft3D berekende golfveld rondom een zeejachthaven bij Katwijk (Hs = 2.24 m op diep water, Tp= 6.88 s, richting = 249.7 ºN), zie ook Bijlage B. De schaduwzone met lagere golfhoogte aan de noordzijde van de haven is duidelijk te zien. Aan de zuidzijde van de haven is er een kleine zone met geringe verhoging van de golfhoogte door reflectie.



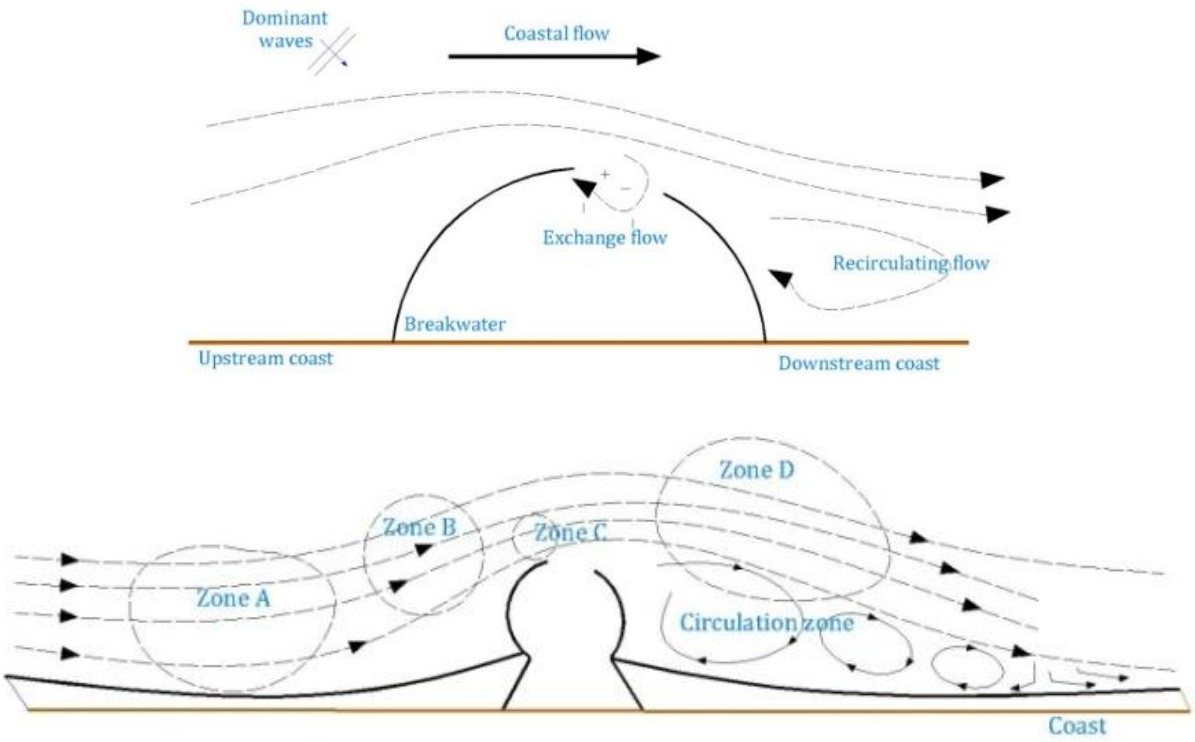
Figuur 3.7 Effect van zeejachthaven op golfveld (links schematische, rechts berekend)

3.3.2 Stroming

Een zeejachthaven tussen golfbrekers langs de Hollandse kust wordt beïnvloed door drie soorten stromingen: getij-, wind- en golfgedreven stromingen parallel aan de kust.

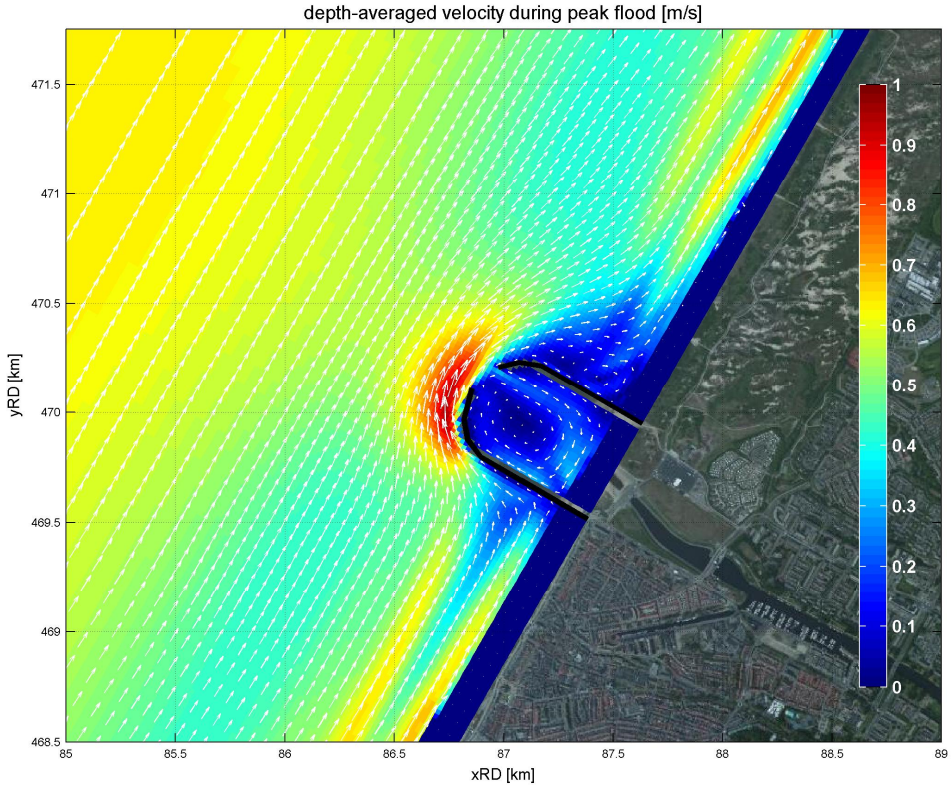
Getijstroming

De getijgolf loopt van zuid naar noord langs de Hollandse kust. De gemiddelde getijslag tussen Den Helder en Hoek van Holland is ca. 2 m (www.getij.nl). De maximale vloedstroom (naar het noorden gericht) is van de orde 0,5 tot 1 m/s op diep water en neemt geleidelijk af tot ca. 0,1 m/s dichtbij het strand. De maximale ebstroom (naar het zuiden gericht) is enigszins kleiner (ca. 10%) dan de maximale vloedstroom. Op diep water is de getijstroming in fase met de waterspiegeluitwijking dat wil zeggen dat de maximale vloedstroom optreedt op het moment van hoogwater en de maximale ebstroom op het moment van laagwater. In de nabijheid van de kust is er een duidelijk faseverschil tussen het moment van hoogwater en de maximale vloedstroom. De stroming (horizontaal getij) gaat steeds meer voorlopen op het vertikale getij. De faseverschillen kunnen oplopen tot bijna 90º in trechtervormige estuaria (schijnbaar staande golf).



Figuur 3.8 Getijstroming langs zeejachthaven (Van Rijn, 1998)

Het effect van een zeejachthaven tussen golfbrekers op de getijstroming is weergegeven in Figuur 3.8. Zone A markeert de overgang van de normale kustparallele stroming naar zone B met versnellende stroming. De stroomsnelheden nemen geleidelijk toe en zijn maximaal (ca. 20% tot 50% hoger) in Zone C waar de lengte van de golfbrekers maximaal is. Stroomafwaarts van de golfbrekers nemen de stroomsnelheden weer geleidelijk af en ontstaan er wervelstraten met zwakke recirculerende stromingen. Gedurende het getij wordt de zeejachthaven geleidelijk gevuld vanuit de hoofdstroom (zone C). De vulstromen zijn zeer gering (orde 0,1 m/s) door het relatief kleine oppervlak van een zeejachthaven. In de ingang van de zeejachthaven kunnen zwakke wervelstromen ontstaan die mogelijk hinderlijk zijn voor kleinere schepen (zie Figuur 3.8).

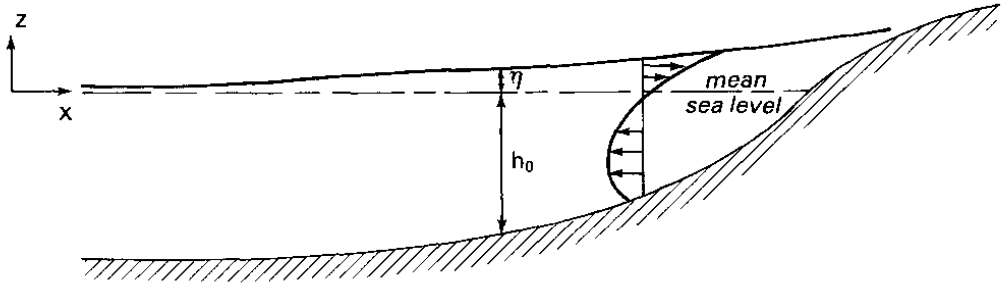


Figuur 3.9 Berekende getijstroming (maximum vloedstroom) rondom zeejachthaven bij Katwijk (Hs = 2.24 m op diep water, Tp= 6.88 s, richting = 249.7 ºN)

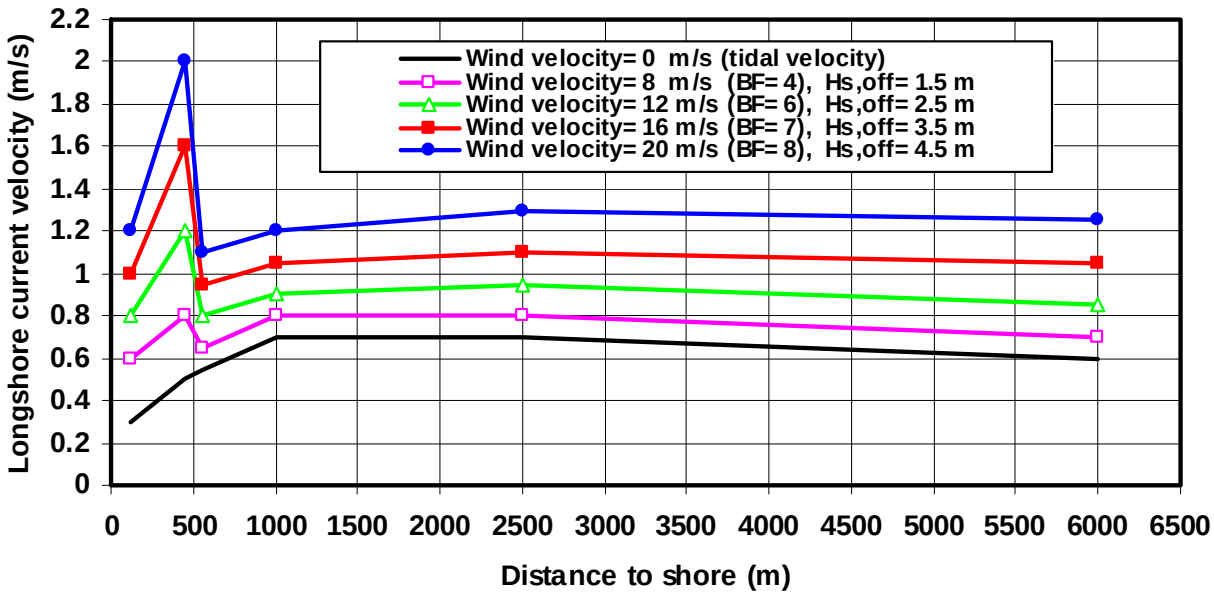
Figuur 3.9 toont het voor deze studie met Delft3D berekende stromingsveld tijdens de maximum noordwaarts gerichte vloedstroom rondom een zeejachthaven bij Katwijk, zie ook Bijlage B. Op dieper water is de gemiddelde stroomsnelheid van de orde 0,5 tot 0,6 m/s. De stroomsnelheid door het getij neemt geleidelijk af tot ca. 0,1 m/s naar de kust toe door bodemwrijving. In de brandingszone neemt de stroomsnelheid weer toe tot ca. 0,6 m/s door golfwerking (brandingsstroom). Zeewaarts van de havenmond zijn de snelheden relatief hoog door het contractie-effect (versnellingszone). Aan de noordzijde (lijzijde) van de haven bevindt zich een circulatiezone met lage stroomsnelheden.

Windgedreven stroming

Als gevolg van loodrecht of scheef inkomende wind, zal het zeewater naar de kust worden gestuwd en langs de kust worden meegesleept en zal zich een kustlangse stroming instellen. Door de kustwaartsgerichte windkrachten ontstaat er een waterstandsverhoging (wateropzet of stormvloed, Figuur 3.10). De hoogst bekende stormvloedwaarde met inbegrip van het getij langs de Hollandse kust is ca. 4 m te Hoek van Holland.



Figuur 3.10 Waterstandsverhoging door wind

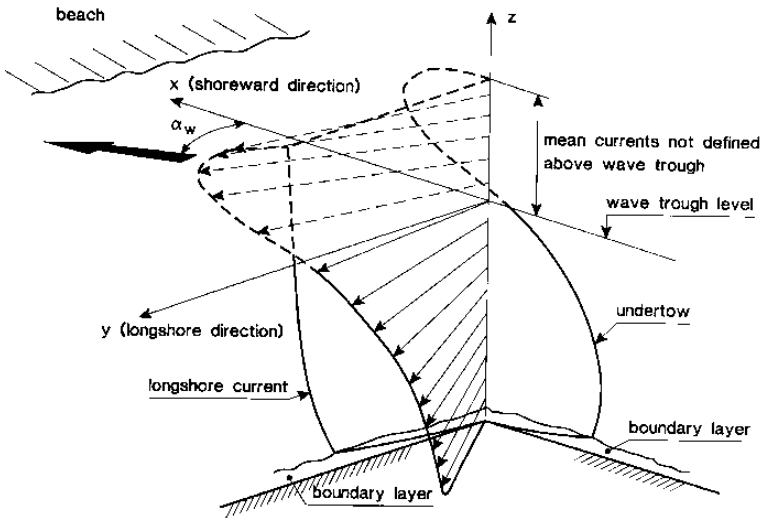


Figuur 3.11 Gemeten noordgaande kustlangse stroomsnelheden ter plaatse van Raai Bergen tijdens verschillende windsnelheden (vanuit zuid-westen) en golfhoogten; offshore gegevens (>500 m) van 1980-1981 (Rijkswaterstaat, 1987) en nearshore gegevens (< 500 m) 1998 (COAST3D)

De windgedreven stroomsnelheden zijn het grootst nabij het wateroppervlak en nemen af in de dieper gelegen waterlagen. De windgedreven stroming is het grootst op dieper water waar de wrijving door bodemweerstand relatief gering is. Figuur 3.11 toont gemeten windgedreven kustlangse stroomsnelheden (winter 1980-1981) in een kustdwarse raai bij Bergen, Noord-Holland (Rijkswaterstaat, 1987 en COAST3D). Op dieper water (meer dan 500 m uit de kust) zijn de stroomsnelheden maximaal 1,3 m/s bij windkracht 8. Dit is bijna tweemaal zo groot als de normale getijstroomsnelheid van ca. 0,7 m/s. In de brandingszone (< 500 m) waar de golfgedreven stroming overheerst, is de gemeten stroomsnelheid maximaal 2 m/s in het meetstation op de zeewaartse flank van de buitenste brekerbank (COAST3D data). Het effect van een jachthaven tussen golfbrekers op de windgedreven stroming is identiek zoals aangegeven in Figuur 3.9.

Golfgedreven stroming

Als scheef inkomende golven op ondiep water nabij de kust breken, wordt er potentiële energie omgezet in kinetische energie waardoor er een brandingstroming ontstaat parallel aan de kust. Tevens wordt er water naar de kust getransporteerd in de bovenste waterlaag. Bij de bodem ontstaat er een retourstroming van water van orde 0,5 m/s (onderstroom) naar zee toe. Door beide effecten is er een gecompliceerd, drie-dimensionaal stromingspatroon aanwezig in de brandingszone, zie Figuur 3.12. De brandingstroming is het grootst (ca. 1 tot 2 m/s) boven de buitenste brekerbank en heeft een sterk pulserend karakter afhankelijk van de inkomende golfgroepen. De sterkte van de brandingsstroming neemt geleidelijk af naar land toe door het toenemen van de bodemwrijving op ondieper water.
Op sommige plaatsen zijn de brekerbanken onderbroken, waardoor lokaal de waterdiepte groter is en er minder golven breken en de brandingsstroom zich naar buiten richting zee kan bewegen als een muistroom. Zeewaartse (mui) stromen treden ook op nabij stenen strekdammen en golfbrekers rondom jachthavens, waar het water naar zee wordt gedwongen te gaan.

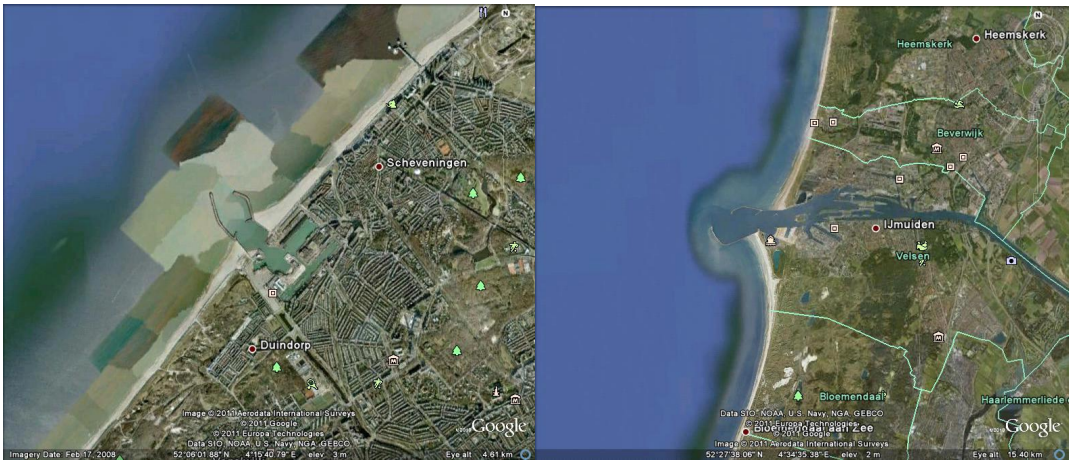


Figuur 3.12 Drie-dimensionaal stromingspatroon in de brandingszone

3.3.3 Zandtransport en morfologie

Langs de kust wordt zand getransporteerd door brandingsstromen veroorzaakt door scheef inkomende, brekende golven. Ook de stromingen veroorzaakt door getij en wind dragen bij aan het zandtransport. Bij golven uit het zuidwesten gaat het zandtransport langs de Hollandse kust in de richting van Den Helder. Omgekeerd gaat bij golven uit het noordwesten het zandtransport in de richting van Hoek van Holland. Omdat de golven uit het zuidwesten dominant zijn, is het netto jaarlijkse zandtransport naar het noorden gericht. Tussen Katwijk en Petten is het netto jaarlijkse zandtransport van de orde 100.000 tot 300.000 m^3/jaar, afhankelijk van de lokale kustoriëntatie, de korrelgrootte van het zand en het jaarlijkse golfklimaat (WL | Delft Hydraulics, 1995; Deltares, 2011). Het bruto langstransport van zand (sommatie van de noordgaande en zuidgaande hoeveelheden) is een factor 2 tot 4 groter (WL | Delft Hydraulics, 1995, Bijlage A)

Indien de kust wordt onderbroken door de aanleg van een haven met golfbrekerdammen tot voorbij de brandingszone (zoals bij Scheveningen en IJmuiden, zie Figuur 3.13), zal ook het langstransport van zand worden onderbroken en zal het aangevoerde zand zich geleidelijk gaan ophopen aan noord- en zuidkant van de dammen. De enorme kustuitbouw aan de zuidkant van IJmuiden in de periode 1965 tot 2005 (40 jaar) is veroorzaakt door een jaarlijks inkomend zandtransport van orde 350.000 m^3/jaar (Deltares, 2011). De kustuitbouw aan de zuidkant van Scheveningen over ca. 40 jaar kan worden verklaard door een jaarlijks inkomend zandtransport van orde 200.000 m^3/jaar (Deltares, 2011).



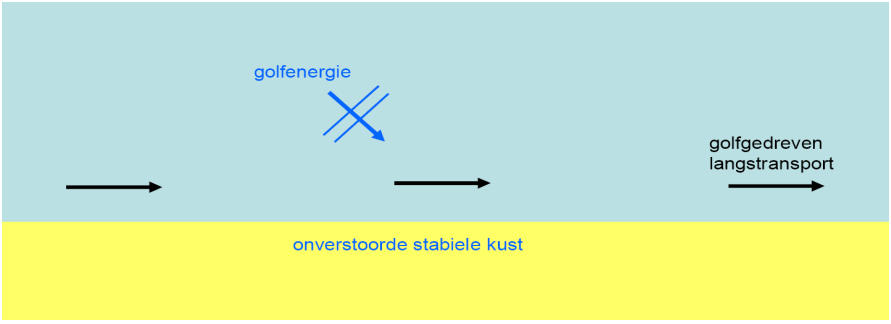
Figuur 3.13 Bovenaanzicht van havens van Scheveningen (links) en IJmuiden (rechts)

Ook de getijstroming zorgt voor een netto aanvoer van zand naar beide zijden van de zeejachthaven. Aan de bovenstroomse zijde van de haven loopt de getijstroom tot dicht tegen de golfbrekerdam en daarmee ook het getijgedreven zandtransport. Aan de lijzijde ontstaat een luwtezone met stroomvertraging en neervorming. Bij omkering van het getij keert ook dit patroon om. Het resulterende effect van deze patronen is dat er zand naar beide zijden van de dammen wordt getransporteerd door het getij. Dit patroon versterkt globaal het eerder beschreven patroon van zandaanvoer door golfeffecten.

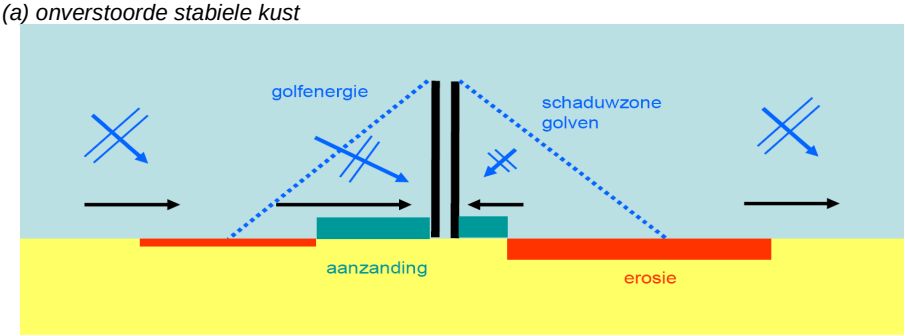
Als gevolg van de aanleg van een zeejachthaven langs de Hollandse kust zullen er vergelijkbare effecten (maar wel op kleinere schaal) optreden als bij IJmuiden en Scheveningen:

- aan de zuidkant van de zeejachthaven zal een brede strandvlakte ontstaan door blokkade van het noordgaande langstransport van zand (zie Figuur 3.13 en Figuur 3.14); de breedte van de nieuwe strandvlakte is afhankelijk van de geometrie van de havendammen (lengte en vorm); de zandvlakte zal zich op termijn uitbreiden tot een kustlangs gebied van ca. 3 tot 5 km;
- aan de noordkant van de jachthaven zal een kleinere strandvlakte ontstaan door blokkade van het langstransport tijdens situaties met wind en golven uit het noorden;
- verder weg ten noorden van de jachthaven (op een afstand gelijk aan de lengte van de dammen, ca. 0.5 to 1 km) zal kusterosie optreden door het weer op gang komen van het noordgaande zandtransport; een dergelijk effekt treedt ook ten zuiden van de jachthaven op (Figuur 3.14);
- verstuiving van zand en vorming van nieuwe duinen aan de zuidzijde (op lange termijn);
- geringe aanzanding in de haveningang op langere termijn, afhankelijk van de lengte van de golfbrekerdammen;

- ontstaan van ontgrondingskuilen ter plaatse van de haveningang door stroomcontractie.
- ontstaan van circulatiestromen (muistromen) aan weerszijden van de havendammen.

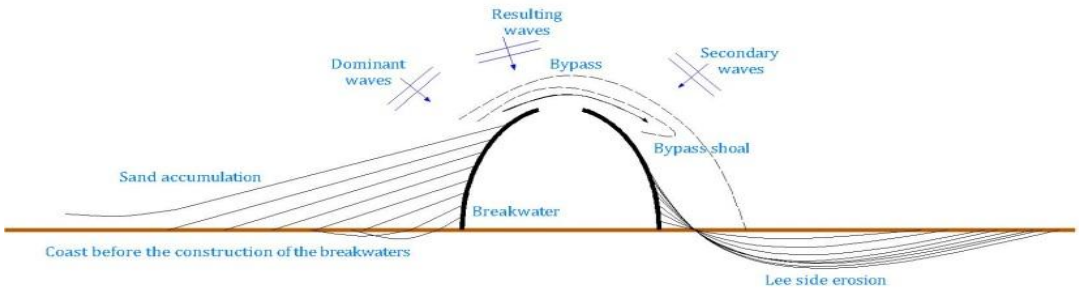


(a) onverstoorde stabiele kust



(b) effect van lange dichte dammen op kustgedrag

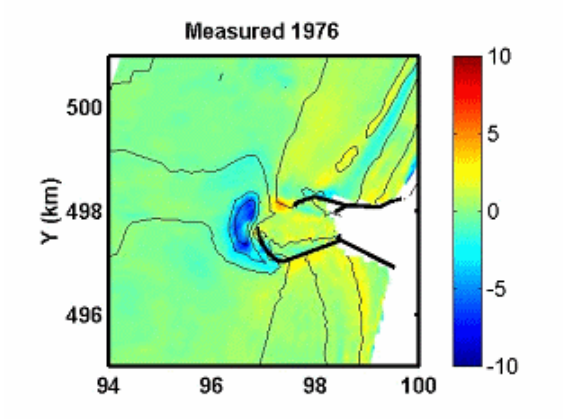
Figuur 3.14 Illustratie blokkade effect en schaduwzone op kustgedrag



Figuur 3.15 Kustlijnveranderingen rondom jachthaven

Ook de zeebodem rondom de haveningang zal door de aanwezigheid van een zeejachthaven worden beïnvloed. Nabij de haveningang zal de getijstroom versnellen door stroomcontractie, waardoor er lokaal bodemerosie zal optreden. Dit effect wordt versterkt door het ontstaan van macro-wervels (macro-turbulentie) en door opwoeling van zand tijdens condities met relatief hoge golven. De extra erosie van zand zal leiden tot vrij grote en diepe erosie- of ontgrondingskuilen net buiten de havenmond (zie Figuur 3.16). Lokaal zijn mogelijk

steenbestortingen nodig om de stabiliteit van de havendammen bij de haveningang te verzekeren



Figuur 3.16 Ontgrondingskuilen (blauw) ter plaase van de haven van IJmuiden over de periode 1968-1976

Samenvattend, kan worden gesteld dat er door de aanleg van een zeejachthaven met een lengte van ca. 500 tot 600 m uit de kust een aanzienlijke verstoring van de brandingszone zal optreden, omdat de water- en zandstromen gedeeltelijk of volledig worden onderbroken. De blokkade is minder ernstig bij een relatief korte lengte van de jachthaven (tot ca.350 m), maar de haveningang zal dan regelmatig verzanden waardoor er jaarlijks onderhoud nodig is om de toegang tot de haven open te houden.

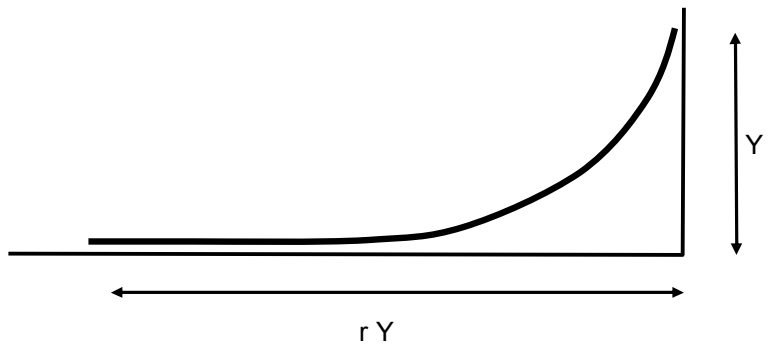
3.4 Kustuitbouw nabij zeejachthaven

Een eenvoudige benadering om de kustaangroei af te schatten kan worden verkregen door de zandinhoud van de driehoekvormige kustaangroei (met kort zijde Y en lange zijde ≅ r Y, zie Figuur 3.17) gelijk te stellen aan het netto langstransport in de aangroeiperiode.
Dit geeft:

$$\alpha \; Y \; (rY) \; h = p \, Q_{netto} \, \Delta t \qquad \text{of} \qquad Y^2 = (p \, \Delta t \, Q_{netto})/(r \, \alpha \, h)$$

waarin:

Y	= maximale kustaangroei loodrecht op de kustlijn (m),
h	= dikte van zandpakket (ca. 6 tot 12 m),
r	= verhouding van lange en korte zijde van de driehoek (20 tot 50),
α	= vormfactor driehoek (α = 0.5 bij driehoek; α = 0,3 bij holle parabool),
p	= blokkeringspercentage (deel van langstransport passeert langs de havenmond),
Δt	= duur van tijdvak (jaar),
Q_{netto}	= netto langstransport van zand (m^3/jaar).



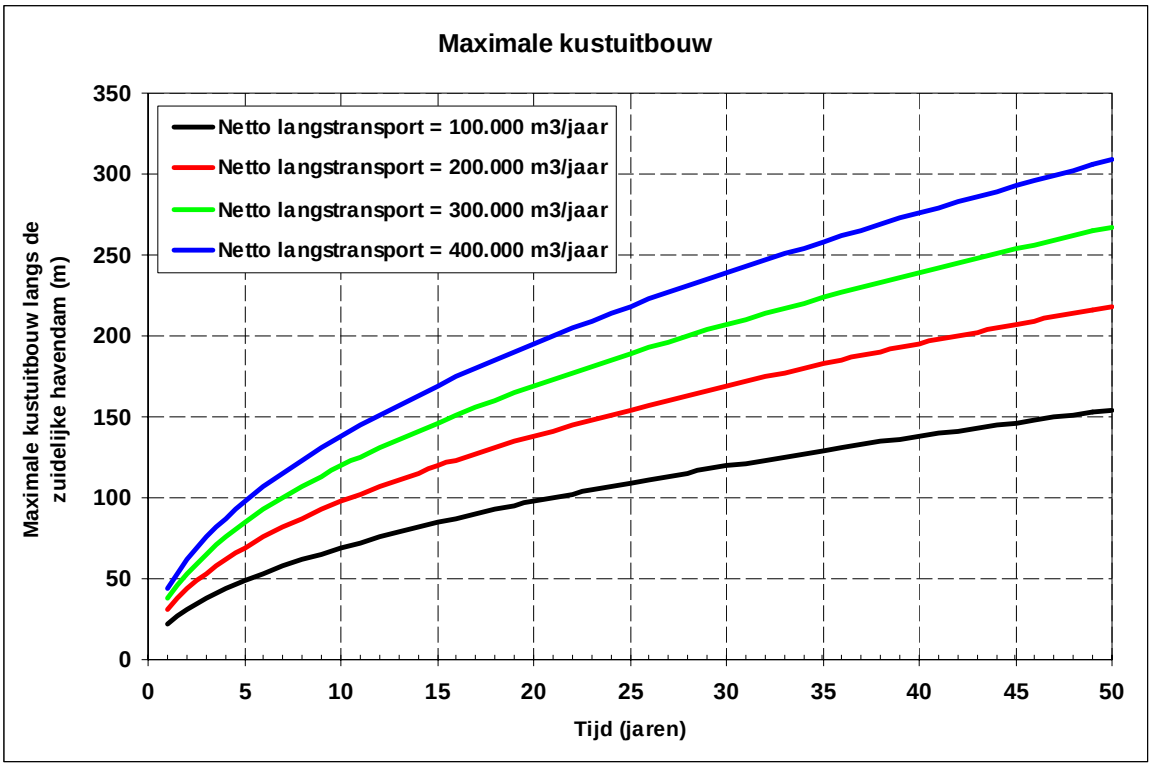
Figuur 3.17 Schematisatie kustaangroei

Figuur 3.18 toont de kustaangroei (Y-waarde) als functie van de tijd voor Q_{netto} = 100.000 tot 400.000 m^3/jaar (netto langstransport) en h= 12 m (dikte zandpakket tussen rand brandingszone en duinvoet), p= 0.6, α = 0.35, r= 30. De p, α en r waarden zijn bepaald een aan de hand van de kustaangroei aan de zuidkant van Scheveningen, LONGMOR berekeningen voor Katwijk (Deltares, 2011) en de UNIBEST-CL+ berekeningen in dit rapport (Hoofdstuk 4), deze gemiddelde waarden zijn bruikbaar langs de gehele Hollandse kust. De maximale kustaangroei aan de zuidzijde van de golfbreker bedraagt ca. 150 tot 300 m na 50 jaar bij een netto noordgaand langstransport van ca. 100.000 tot 400.000 m^3/jaar. Aan de noordzijde van de haven zal een vergelijkbare kustachteruitgang (erosie) optreden, als er geen zandsuppleties worden uitgevoerd. Figuur 3.19 toont het zandvolume (in miljoen m^3) van de kustuitbouw aan de zuidzijde van de havendam (welke in deze benadering gelijk is aan het erosievolume aan de noordzijde van de haven).

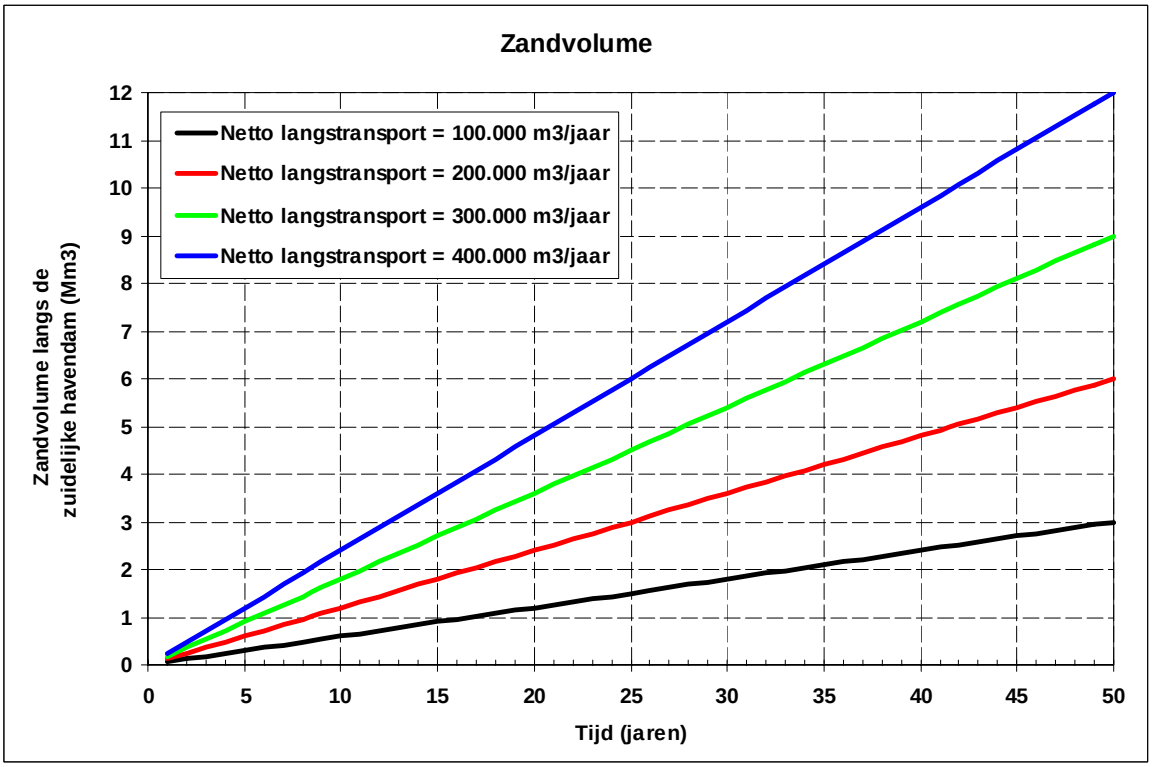
Met deze benaderingsmethode kan het erosievolume eenvoudig worden afgeschat. Dit erosievolume is het volumetekort wat middels suppleties moet worden aangevuld om de kustlijn vast te houden. In de praktijk worden de laatste jaren zoveel mogelijk vooroever suppleties toegepast op een diepte van ca. 5m tegen de buitenste brekerbank. Het toegepaste suppletievolume bij vooroever suppleties bedraagt gewoonlijk ca. 2 maal het erosievolume (zie paragraaf 3.5). Hiermee worden ondermeer de verliezen naar diep water gecompenseerd. Er wordt dus 2 maal zoveel zand gesuppleerd als strikt gezien noodzakelijk is, maar omdat onderwatersuppleties goedkoper zijn dan strandsuppleties gebeurt dit tegen bij benadering gelijke kosten.

Definitie *erosievolume* en *suppletievolume:*

- Het erosievolume is het volume (per tijdseenheid) waarmee de kust erodeert.
- Het suppletievolume is het volume dat wordt ingezet om kusterosie te compenseren. In de praktijk is dit bij vooroeversuppleties tweemaal het erosievolume, bij strandsuppleties minder dan tweemaal, maar de kosten hiervan liggen hoger.



Figuur 3.18 Maximale kustaangroei als functie van tijd aan zuidzijde van een zeejachthaven langs de Hollandse kust



Figuur 3.19 Zandvolume als functie van tijd aan zuidzijde van een zeejachthaven langs de Hollandse kust (gelijk aan het erosievolume aan de noordzijde)

Met de in deze paragraaf gepresenteerde benaderingsmethode kan eenvoudig het erosievolume bij jachthavens worden afgeschat op basis van het netto langstransport. Met de efficiëntie factor voor vooroeversuppleties (Paragraaf 3.5) kan vervolgens het jaarlijkse suppletievolume worden bepaald, zie onderstaand stappenplan:

- stap 1: bepaal het netto langstransport voor de lokatie van de nieuwe jachthaven op basis van eerdere studies of nieuwe berekeningen. De netto langstransporten langs de Hollandse kust zijn gegeven in Figuur 4.3.
- stap 2: bepaal het erosievolume voor het lokale netto langstransport met behulp van Figuur 3.19.
- stap 3: bereken het jaarlijkse suppletievolume door het erosievolume eerst te delen door het aantal jaar waarvoor het erosievolume is bepaald en vermenigvuldig dat jaarlijks gemiddelde erosievolume vervolgens met de in praktijk gehanteerde efficiëntie factor van 2 voor vooroever suppleties om te komen tot het jaarlijkse suppletievolume.

3.5 Effectiviteit van suppleties

Uit de data-analyse van een aantal vooroeversuppleties ter plaatse van Texel, Ameland, Callantsoog, Camperduin en Noordwijkerhout in de periode 1998 tot 2007 blijkt (Deltares, 2008):

- de verliezen in de suppletievakken zijn ca. 25% tot 75% na 5 jaar (orde levensduur suppleties);
- de aangroei in het landwaartse vak (globaal het BKL-vak) is ca. 25% tot 50% (van het oorspronkelijke suppletievolume) na 5 jaar;
- de zijvakken en de zeevakken worden vrijwel niet beïnvloed;
- de strandbreedte wordt op de meeste plaatsen niet of nauwelijks beïnvloed.

Uit de studie naar de duinontwikkeling in relatie tot het suppletiebeleid (Arens, 2009) na 1990 blijkt:

- significante duingroei in de meeste suppletie-gebieden;
- gemiddeld langs de Nederlandse kust is de duinaangroei ca. 9 m^3/m/jaar in de periode 1997-2008;
- de totale duinaangroei langs de Nederlandse kust bedraagt ca. 30% van het totale suppletievolume; voor de Hollandse kust is dit ca. 20%.

Uit de suppletiedata blijkt dat ca. 30% van het suppletievolume na 5 jaar naar de BKL-zone is getransporteerd. Dit volume aan zand wordt geleidelijk verder getransporteerd naar de duinen, waarbij het strand fungeert als het doorvoergebied (zonder veel winst en verlies). Ook de BKL-zone is in feite alleen een doorvoergebied, omdat op lange termijn (5 tot 10 jaar) de suppleties weer verdwijnen en dus herhaald moeten worden.

Om de kustlijn in stand te houden met vooroever suppleties is er in de praktijk dus aanzienlijk (factor 2 tot 3) meer zand nodig dan het directe erosieverlies. In de praktijk gebruikt Rijkswaterstaat een factor 2 bij vooroeversuppleties.

4 Morfologische effecten van nieuwe zeejachthavens langs de Nederlandse kust

Door Deltares / Pieter Koen Tonnon & Leo van Rijn

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de (cumulatieve) lokale morfologische effecten van zeejachthavens langs de Hollandse kust beschreven aan de hand van berekeningen met het kustlijnmodel UNIBEST-CL+. Met lokale morfologische effecten worden hier door de zeejachthavens veroorzaakte erosie bedoeld. Het erosievolume is het volumetekort wat middels suppleties moet worden aangevuld om de kustlijn vast te houden. Het suppletievolume dat wordt ingezet om het erosievolume te compenseren is in de praktijk, bij vooroever suppleties, ca. 2 maal het erosievolume (zie Paragraaf 3.5)

De effecten van nieuwe jachthavens zijn bepaald voor een standaard havenontwerp met havendammen van 600 m lengte en een standaardontwerp met havendammen van 350 m lengte voor vier lokaties langs de Hollandse kust: Katwijk, Noordwijk, Egmond en Petten. De cumulatieve effecten van twee nabij gelegen zeejachthavens zijn bepaald aan de hand van een berekening waarin jachthavens bij zowel Katwijk als Noordwijk zijn meegenomen.

Opgemerkt wordt dat de effecten van een jachthaven met havendammen van 350 m lengte vooral worden meegenomen om een idee te krijgen van de afhankelijkheid van de erosievolumes van de lengte van de havendammen. Bij jachthavens met dergelijke korte havendammen zal aanzienlijk meer sedimentatie in de toegangsgeul en in de haven zelf plaatsvinden, bovendien zijn met name in de winter problemen met de toegankelijkheid van dit type jachthavens te voorzien omdat de haveningang dan in de brandingszone zal liggen.

4.2 Model opzet

4.2.1 UNIBEST-CL+

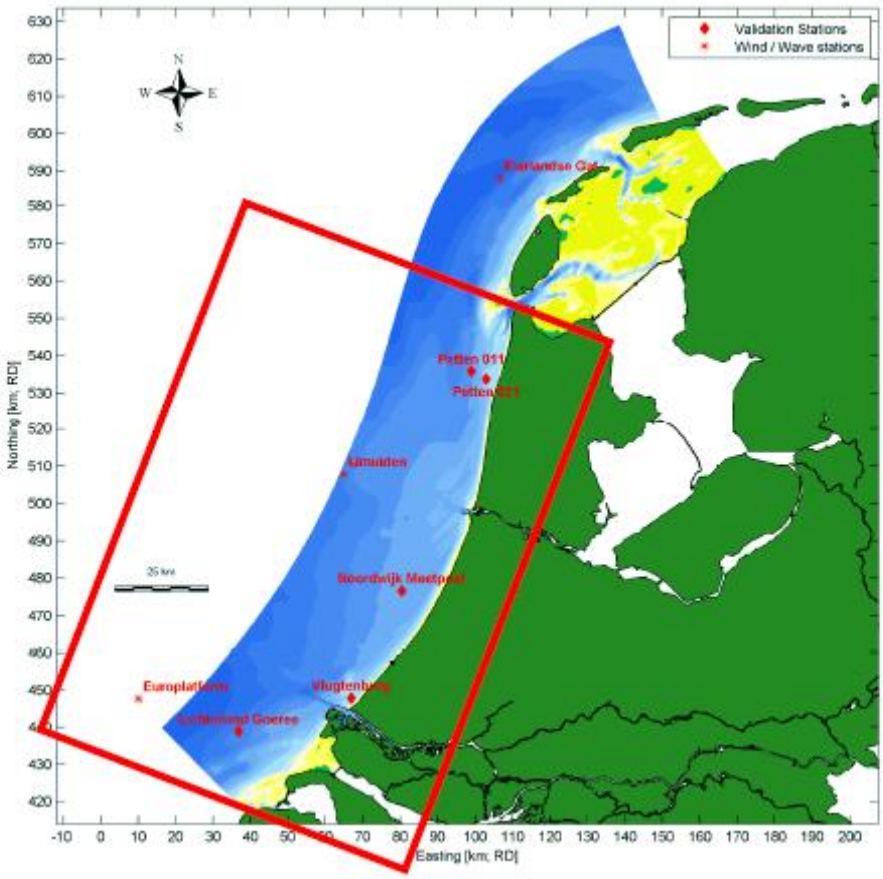
UNIBEST CL+ is een kustlijnmodel waarmee langstransport en kustlijnveranderingen kunnen worden berekend (WL | Delft Hydraulics, 1994). Effecten als gevolg van variërende golfklimaten, getijstroming, rivierafvoeren en constructies zoals strandhoofden, havendammen en strandmuren kunnen worden meegenomen om bijvoorbeeld de haalbaarheid, het ontwerp en de gevolgen van ingrepen tegen kusterosie te bepalen.

UNIBEST-CL+ bestaat uit twee modules: In de LT-module wordt de waterbeweging en de daaraan gekoppelde langstransporten berekend op basis van een gegeven lokaal golfklimaat. Hierbij wordt tevens gebruik gemaakt van de lokale kustoriëntatie, het lokale kustprofiel en de lokale-sedimentkarakteristieken. In de CL module wordt de kustlijnontwikkeling berekend op basis van de relatie tussen het langstransport en de kustoriëntatie langs de kust zoals berekend met de LT module. Hierbij wordt het kustprofiel constant verondersteld. UNIBEST-CL+ is een beproefd model dat al geruime tijd haar waarde heeft bewezen in vele kuststudies wereldwijd.

4.2.2 Hollandse kustmodel

In deze studie wordt gebruik gemaakt van een recent ontwikkeld UNIBEST-CL+ model voor de Hollandse kust waarmee ondermeer de kustlijnveranderingen na verlenging van de havendammen bij IJmuiden zijn bestudeerd binnen een onderzoeksproject (Luijendijk et al. 2011). Dit model vormt tevens de basis voor de zogenaamde interactieve ontwerptafel die binnen het innovatieprogramma 'Building with Nature' is ontwikkeld om de effecten van grootschalige kustingrepen en suppletiestrategieën snel inzichtelijk te kunnen maken.

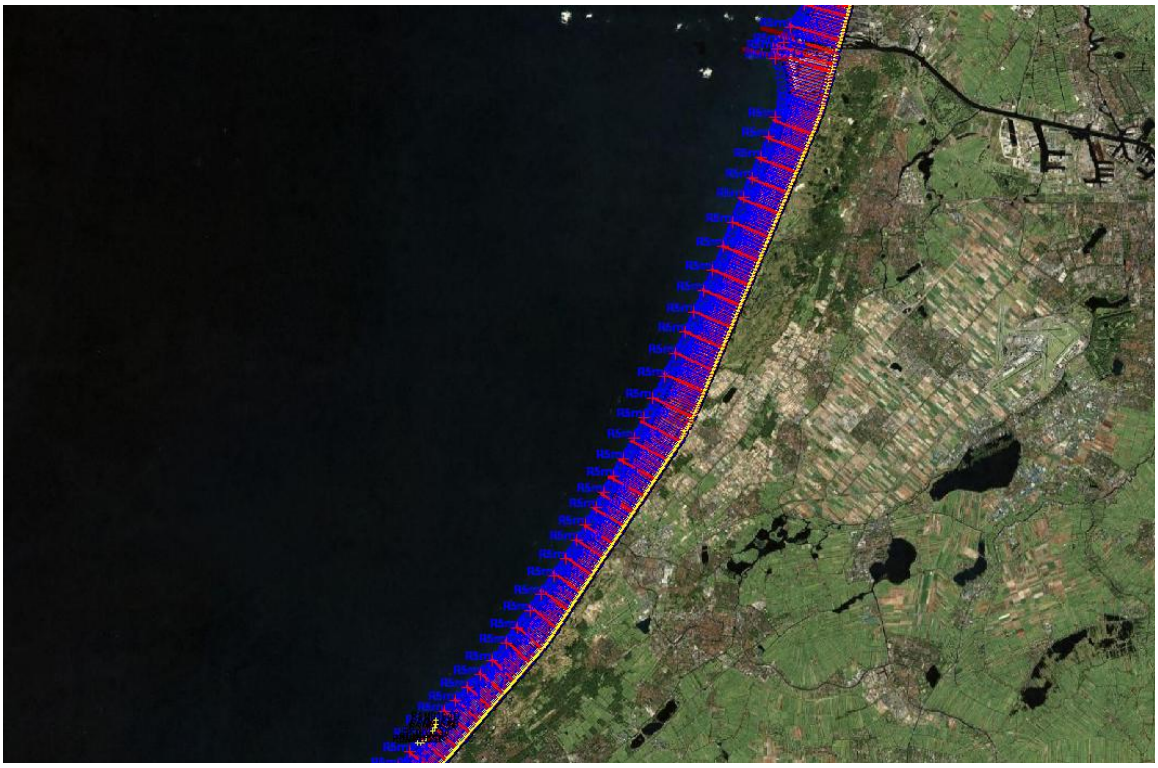
De voor UNIBEST-CL+ benodigde lokale golfklimaten zijn afgeleid met een SWAN derde generatie golfmodel voor de Hollandse kust (Figuur 4.1). Hierbij zijn 269 in langsrichting variërende golfcondities vanaf de diepwater golfstations Europlatform, IJmuiden munitiestortplaats en Eierlandse Gat getransformeerd naar de kust en gevalideerd aan de hand van validatie data bij Lichteiland Goeree, Vlugtenburg, Noordwijk meetpost en Petten 011 en 012. Met behulp van een automatische UNIBEST-SWAN koppeling zijn 112 lokale, kustnabije golfklimaten (met 269 golfcondities) bepaald op de NAP -5 m dieptelijn langs de gehele Hollandse kust.



Figuur 4.1 Overzicht van het SWAN model van de Hollandse kust zoals gebruikt om het golfklimaat voor deze studie af te leiden.

Nabij de havendammen bij Hoek van Holland en Scheveningen zijn lokale golfklimaten afgeleid met de golfreductie en golfdiffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Het lokale golfklimaat bij IJmuiden is gebaseerd op een lokaal verfijnd golfmodel. Bij IJmuiden wordt op

basis van validatieberekeningen van de kustontwikkeling na verlenging van de havendammen een bypass van in totaal 90.000 m^3/jaar verondersteld. Voor Scheveningen wordt op basis van vuistregels een bypass van 50% van het netto transport verondersteld. De lokale kustprofielen zijn gebaseerd op de JARKUS profielen van 2005. Verder zijn standaardinstellingen gebruikt voor de golfvoortplanting en zijn de zandtransportformuleringen van Van Rijn (2007a,b en c) toegepast in UNIBEST-CL+. De zandtransporten langs de kop van Noord-Holland, in het gebied tussen Bergen aan Zee en Den Helder, zijn met 50% gereduceerd om de effecten van de strandhoofden te verdisconteren. Ten behoeve van het bepalen van de morfologische effecten van zeejachthavens langs de Hollandse kust is het modelrooster in langrichting met een factor 2 verfijnd. In Figuur 4.2 wordt een overzicht gegeven van het UNIBEST-CL+ model voor de kust tussen Scheveningen en IJmuiden.



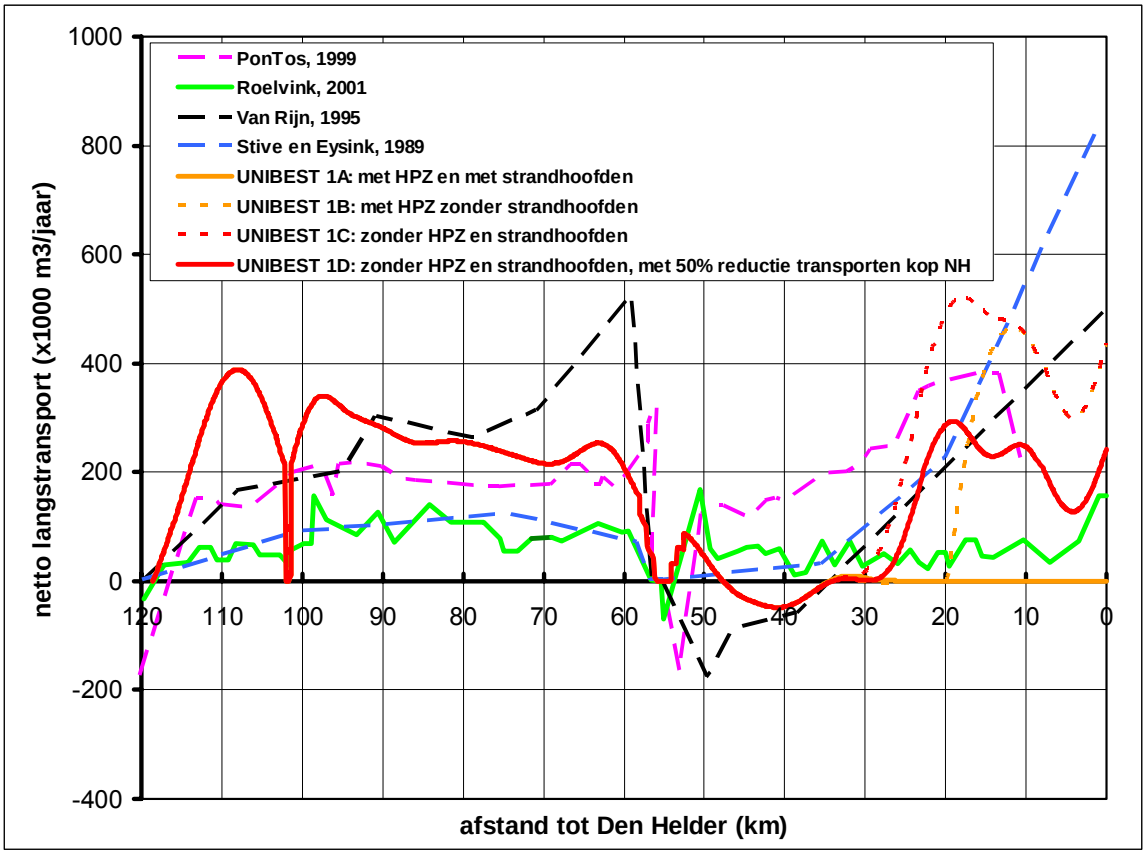
Figuur 4.2 Detail UNIBEST-CL+ model voor Scheveningen – IJmuiden met de kustprofielen (rood) en golfdatapunten (blauw).

4.2.3 Langstransport

Figuur 4.3 laat het met UNIBEST-CL+ berekende verloop van de netto langstransporten langs de Hollandse kust zien voor vier verschillende berekeningen (Tabel 4.1). Ter vergelijking zijn ook de resultaten van eerdere studies weergegeven. De studies van Stive en Eysink (1989) en Van Rijn (1995) zijn gebaseerd op een volumebeschouwing op basis van JARKUS profieldata, PonTos (1999) en Roelvink (2001) betreffen modelstudies. Van de Rest (2004) beargumenteert dat het langstransport ten zuiden van IJmuiden zoals bepaald door Van Rijn (1995) waarschijnlijk is overschat als gevolg van het meenemen van de initiële trend van kustaangroei na verlenging van de havendammen van IJmuiden.

No.	Code	Omschrijving
1A	REF_HPZ_NH	Referentieberekening met HPZ en strandhoofden langs de kop van Noord-Holland.
1B	REF_HPZ	Referentieberekening met HPZ maar zonder strandhoofden langs de kop van Noord-Holland.
1C	REF	Referentieberekening zonder HPZ en strandhoofden langs de kop van Noord-Holland.
1D	REF_50P	Referentieberekening zonder HPZ en strandhoofden langs de kop van Noord-Holland en met 50% reductie van langstransporten langs de kop van Noord-Holland.

Tabel 4.1 Overzicht UNIBEST-CL+ referentieberekeningen



Figuur 4.3 Verloop van het netto langstransport langs de Hollandse kust zoals berekend met UNIBEST-CL+ met en zonder de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) en de strandhoofden langs de kop van Noord-Holland en in vergelijking met eerdere studies.

De verschillende studies geven geen eenduidig beeld van het verloop van het langstransport langs de kust. Over het algemeen kan worden gesteld dat de middels UNIBEST-CL+ berekende langstransporten realistisch zijn en binnen de bandbreedte van de eerdere studies vallen. In vergelijking met de eerdere studies geeft UNIBEST-CL+ wat hogere transporten ten zuiden en direct ten noorden van Scheveningen, een noordgaand transport direct ten zuiden van IJmuiden en een zuidgaand transport tussen Castricum en Bergen.

Het noordgaand transport direct ten zuiden van IJmujden volgt uit de huidige kustoriëntatie ter plaatse, welke door aanzanding tegen de havendammen verschilt van de oriëntatie in de jaren zestig zoals gebruikt door Van Rijn in 1995. Het zuidgaand transport rondom Egmond volgt uit het lokale golfklimaat waarbij mogelijk dissipatie van golfenergie uit westelijke richting op de wat ondiepere vooroever bij IJmuiden een rol speelt; in elk geval ligt de kust in dit gebied dicht bij de evenwichtsligging waardoor de netto transporten klein zijn.

Het langstransport vanaf Bergen is afhankelijk van het al dan niet meenemen van de HPZ en de strandhoofden langs de kop van Noord-Holland. Aangezien er geen kustlijnveranderingen mogelijk zijn bij een zeewering worden de langstransporten over de gehele zeewering constant en gelijk aan de “bovenstroomse” rand verondersteld in UNIBEST-CL+. Wanneer ook de strandhoofden langs de kop van Noord-Holland worden meegenomen, past de kustoriëntatie tussen de strandhoofden zich snel aan waardoor de netto transporten ten noorden van de HPZ ook snel richting nul gaan. Aangezien er de afgelopen decennia ook kustonderhoud heeft plaatsgevonden nabij de HPZ en een totale blokkade van het langstransport door de strandoofden niet realistisch wordt verondersteld, is er ook een berekening uitgevoerd zonder HPZ en strandhoofden met een reductie factor op het langstransport van 50%. De transporten in deze berekening (1D) benaderen de huidige langstransporten langs de kop van Noord-Holland waarschijnlijk het beste. Wanneer in de toekomst de zandige oplossing voor de zwakke schakels HPZ en duinenkop van Noord-Holland wordt uitgevoerd, ontstaat een volledig zandige kustlijn zonder strandhoofden, die situatie wordt waarschijnlijk beter benaderd door de langstransporten zoals berekend in berekening 1C.

Ter vergelijking: Van Rijn (2011) komt op basis van LONGMOR berekeningen en een validatie aan de hand van de kustlijnverandering bij IJmuiden tot een netto langstransport bij Katwijk van ca. 230.000 ± 30.000 m^3/jaar, bij Noordwijk van ca. 210.000 ± 30.000 m^3/jaar, bij Egmond van 130.000 ± 30.000 m^3/jaar en bij Petten van ca. 240.000 ± 30.000 m^3/jaar. De hier gepresenteerde berekeningen liggen, met uitzondering van Egmond binnen een factor anderhalf van de met UNIBEST-CL+ berekende transporten. Dit verschil is acceptabel en wordt veroorzaakt door verschillen in de gebruikte lokale golfklimaten en de gebruikte kusthoeken, die gemiddeld ca. 2 to 3 graden verschillen in beide studies.

4.2.1 Berekeningen

Om de morfologische effecten van zeejachthavens langs de Hollandse kust te bepalen zijn naast de referentieberekeningen zonder nieuwe jachthavens en zonder kustonderhoud in totaal 9 modelberekeningen uitgevoerd met nieuwe zeejachthavens bij respectievelijk Katwijk, Noordwijk, Egmond, Petten en jachthavens bij zowel Katwijk als Noordwijk, zie Tabel 4.2.

No.	Code	Omschrijving
2A	KATW_600M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Katwijk met havendammen van 600 m lang
2B	KATW_350M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Katwijk met havendammen van 350 m lang
3A	NRDW_600M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Noordwijk met havendammen van 600 m lang
3B	NRDW_350M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Noordwijk met havendammen van 350 m lang
4A	EGM_600M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Egmond met havendammen van 600 m lang
4B	EGM_350M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Egmond met havendammen van 350 m lang
5A	PET_600M_HPZ	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Petten met havendammen van 600 m lang met HPZ en strandhoofden
5B	PET_600M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthaven bij Petten met havendammen van 600 m lang zonder HPZ en strandhoofden
6	KW_NW_600M	lokale kustontwikkeling over 20 jaar met nieuwe zeejachthavens bij Katwijk en Noordwijk met havendammen van 600 m lang

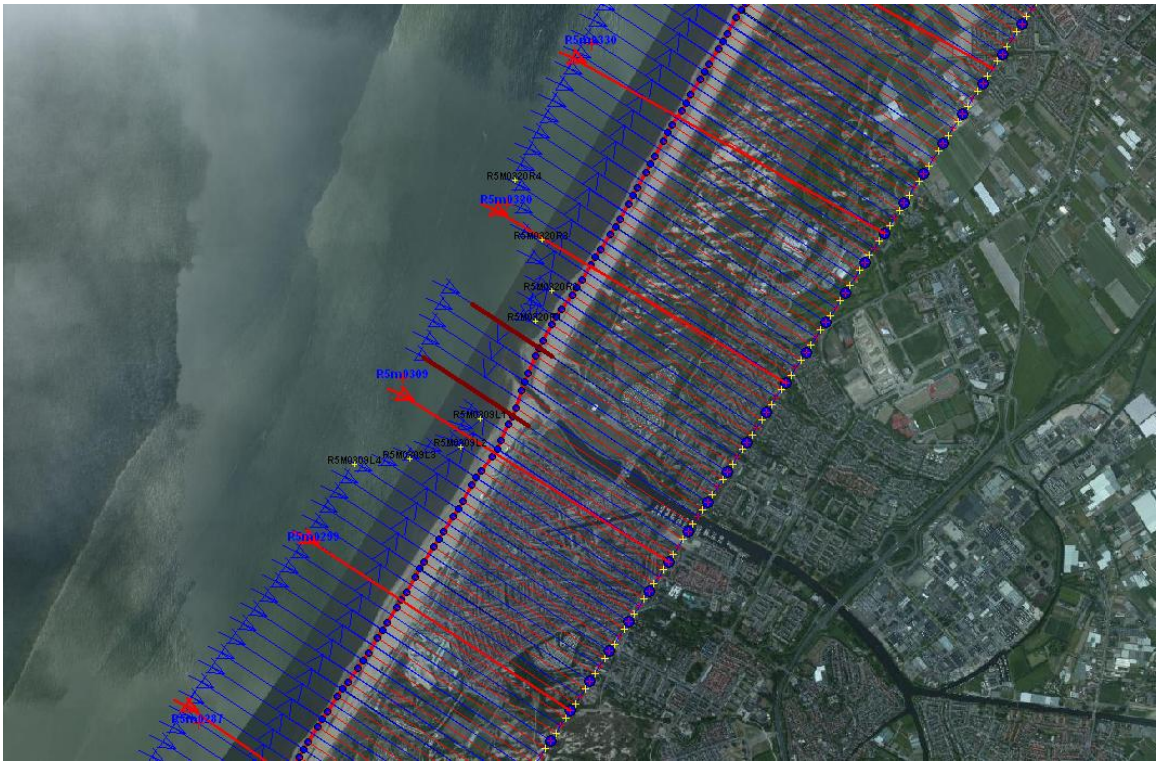
Tabel 4.2 Overzicht UNIBEST-CL+ modelberekeningen

4.3 Lokale effecten zeejachthavens

Bij de beschrijving van de modelresultaten worden de berekende kustlijnontwikkeling en volumes gepresenteerd zoals berekend in het model. Deze waarden zijn de best mogelijke inschattingen voor de resulterende kustlijnontwikkeling, maar dienen omwille van onzekerheden in de forcering en modelformuleringen met enige bandbreedte te worden geïnterpreteerd.

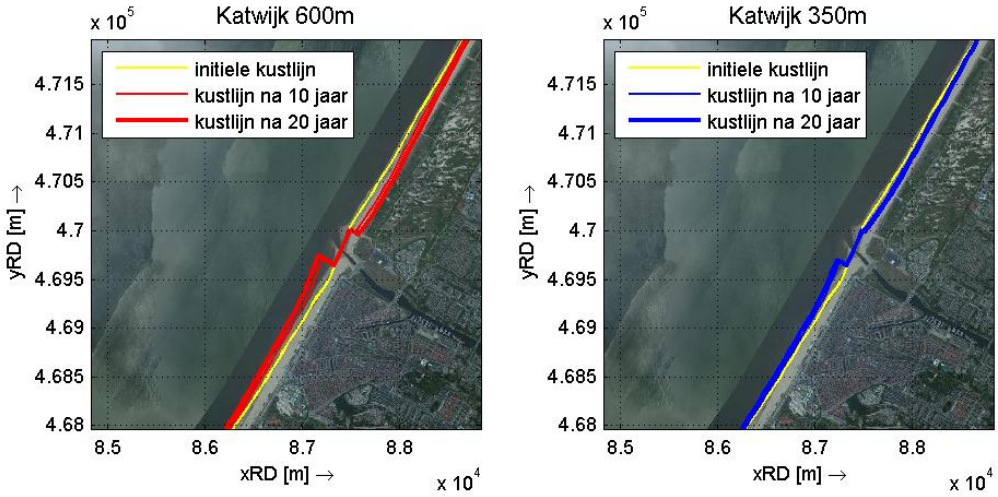
4.3.1 Effecten jachthaven Katwijk

Bij het bepalen van de lokale morfologische effecten van een jachthaven bij Katwijk is uitgegaan van aanleg van een jachthaven ter plaatse van het spuikanaal van de Oude Rijn (raai 8600), zie Figuur 4.4. De lokale golfklimaten aan weerszijden van de jachthaven zijn bepaald met de golfreductie en –diffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Voor de jachthaven met havendammen van 600 m. is een bypass aangehouden van 50% van het netto langstransport, terwijl voor de jachthaven met havendammen van 350 m lengte een bypass van 75% van het langstransport is aangehouden. De bypass percentages zijn gebaseerd op vuistregels en berekeningen met Delft3D, zie Bijlage A.



Figuur 4.4 Implementatie in UNIBEST-CL+ van de jachthaven Katwijk ter plaatse van het spuikanaal van de Oude Rijn (raai 8600) met havendammen van 600 m. Lengte.

Figuur 4.5 toont de berekende kustlijnligging bij Katwijk na 10 en 20 jaar voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m en voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 350 m. In beide gevallen is er sprake van sterke aanzanding aan de zuidzuide en erosie aan de noordzijde, waarbij de kustlijnveranderingen voor de jachthaven met havendammen van 600 m lengte groter zijn dan voor de jachthaven met havendammen van 350 m.



Figuur 4.5 Berekende kustlijnligging bij katwijk met een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m (links) en 350 m (rechts)

Figuur 4.6 en Figuur 4.7 laten respectievelijk de kustlijnveranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijnligging en de relatieve kustlijnveranderingen ten opzichte van de kustlijnveranderingen in de referentieberekening (1A) zien.

- De referentieberekening (1A) laat voor Katwijk een maximale kustuitbouw zien in 20 jaar van ca. 45 m (ca. 2.3 m/jaar) te zuiden van het spuikanaal van de Oude Rijn zien en een maximale kustrecessie van ca. 40 m (ca. 2.1 m/jaar) direct noordelijk van het spuikanaal.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Katwijk met havendammen van 600 m lengte, met 50% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

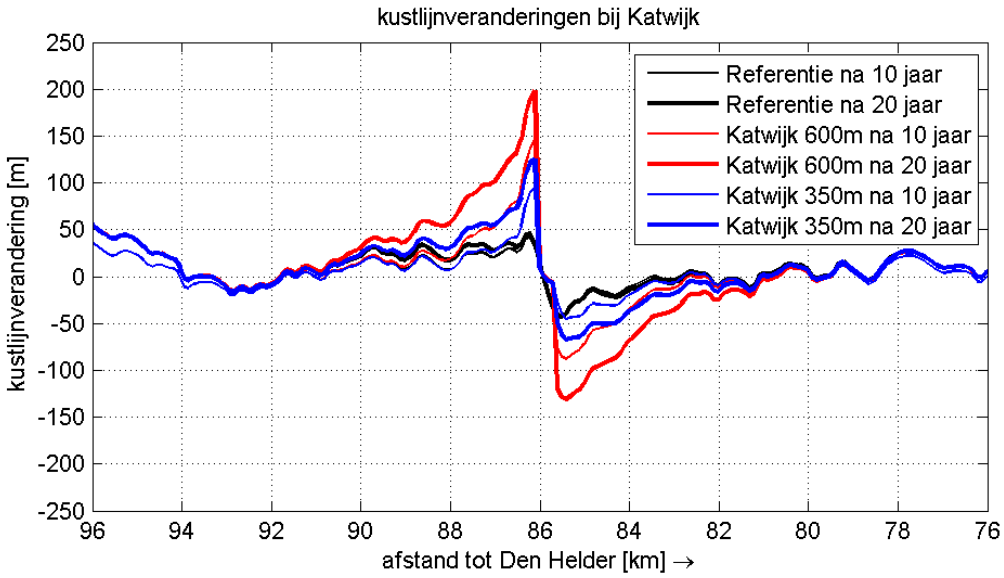
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.160 m over een kustlangse schaal van ca.5 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 90 m over een erosiegebied van ca. 4.5km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 90 m * 4500 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 2 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Katwijk met havendammen van 350 m lengte met 75% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

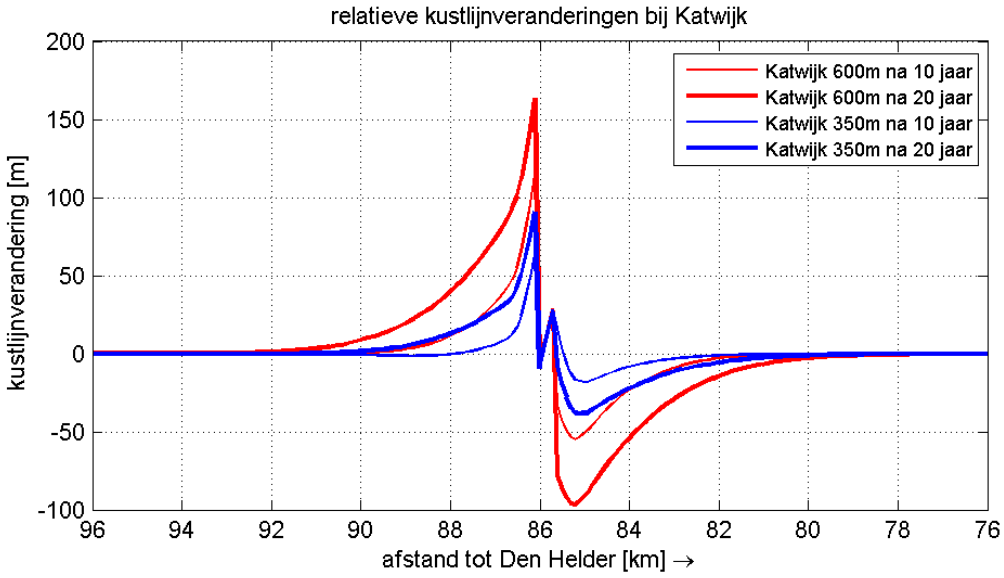
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.90 m over een kustlangs schaal van ca.4 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 40 m over een erosiegebied van ca. 3.75 km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 40 m * 3750 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 0.75 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

Hoewel er aanzienlijk minder onderhoud van de aanliggende kust noodzakelijk is bij jachthavens met havendammen van 350 m lengte in vergelijking met jachthavens met havendammen van 600 m lente, moet hierbij worden aangetekend dat er bij dit type jachthavens veel meer sedimentatie van de toegangsgeul en havenmonding optreed en er problemen met de toegankelijkheid van de haven zijn te voorzien in de winterperiode.

De benaderingsmethode zoals gepresenteerd in paragraaf 3.4 en Figuur 3.18 komt voor Katwijk met een netto jaarlijks langstransport van ca. 260.000 m^3/jaar tot een uitbouw van ca.160 m in 20 jaar en een sedimentatievolume van ca. 2.6 Mm^3 in 20 jaar tijd. Het erosievolume is bij deze methode gelijk aan het sedimentatievolume. Deze waarden komen goed overeen met de hierboven gepresenteerde UNIBEST-CL+ resultaten voor Katwijk.



Figuur 4.6 Kustlijnveranderingen bij Katwijk voor referentieberekening 1A en de berekeningen met jachthavens met havendammen van respectievelijk 600 m en 350 lengte ten opzichte van de oorspronkelijk kustlijnligging



Figuur 4.7 Relatieve kustlijnveranderingen bij Katwijk ten opzichte van referentieberekening 1A

Ter vergelijking worden hier ook de resultaten van Van Rijn (2011) besproken. Van Rijn (2011) bestudeerde de kustlijnveranderingen als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Katwijk met behulp van het kustlijnmodel LONGMOR dat was afgeregeld op een netto noordgaand langstransport in de ongestoorde situatie van 200.000 m^3/jaar. Op basis van deze LONGMOR berekeningen komt Van Rijn (2011) tot een maximale kustuitbouw langs de zuiddam van ca. 175 tot 200 m na 20 jaar (met een active hoogte van 12 m). De kustlangse schaal van kustaangroei is ca. 4 km en de totale aanzanding aan de zuidzijde is ca.3.5 miljoen m^3. Noordelijk van de jachthaven ontstaat in 20 jaar een groot erosiegebied over een lengte van ca. 4 km met een maximale kustrecessie van ca. 175 m, waarvoor ter compensatie suppleties nodig zijn van ca. 200.000 m^3/jaar. De berekeningen van de

aanzanding en erosievolumes liggen ca. een factor 2 hoger dan de hier gepresenteerde waarden. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat er in tegenstelling tot de UNIBEST-CL+ berekeningen in LONGMOR geen bypass van zand is meegenomen.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Katwijk met havendammen van 350 m lengte met 75% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

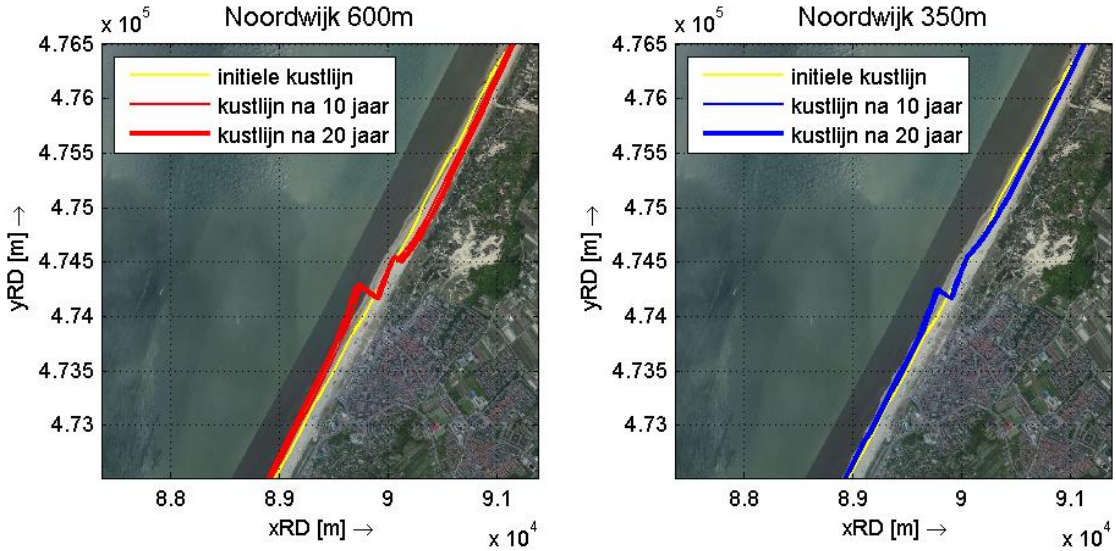
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.90 m over een kustlangs schaal van ca.4 km.
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 40 m over een erosiegebied van ca. 3.75 km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 40 m * 3750 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 0.75 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

4.3.2 Effecten jachthaven Noordwijk

Bij het bepalen van de lokale morfologische effecten van een jachthaven bij Noordwijk is uitgegaan van aanleg van een jachthaven net ten noorden van de Koningin Wilhelmina boulevard (raai 8075), zie Figuur 4.8. De lokale golfklimaten aan weerszijden van de jachthaven zijn bepaald met de golfreductie en –diffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Voor de jachthaven met havendammen van 600 m is een bypass aangehouden van 50% van het netto langstransport, terwijl voor de jachthaven met havendammen van 350 m lengte een bypass van 75% van het langstransport is aangehouden. De bypass percentages zijn gebaseerd op vuistregels en berekeningen met Delft3D, zie Bijlage A.

Figuur 4.8 Implementatie in UNIBEST-CL+ van de jachthaven Noordwijk net ten noorden van de Koningin Wilhelmina boulevard (raai 8075) met havendammen van 600 m. lengte.

Figuur 4.9 toont de berekende kustlijnligging bij Noordwijk na 10 en 20 jaar voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m en voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 350 m. In beide gevallen is er sprake van sterke aanzanding aan de zuidzuide en erosie aan de noordzijde, waarbij de kustlijnveranderingen voor de jachthaven met havendammen van 600 m lengte groter zijn dan voor de jachthaven met havendammen van 350 m.



Figuur 4.9 Berekende kustlijnligging bij Noordwijk met een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m (links) en van 350 m (rechts)

Figuur 4.10 en Figuur 4.10 laten respectievelijk de kustlijnveranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijnligging en de relatieve kustlijnveranderingen ten opzichte van de kustlijnveranderingen in de referentieberekening (1A) zien. De referentieberekening voor Noordwijk laat een stabiele kustlijn zien. De absolute en relatieve kustlijnveranderingen zijn in dit geval nagenoeg gelijk en worden hieronder beschreven.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Noordwijk met havendammen van 600 m lengte, met 50% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

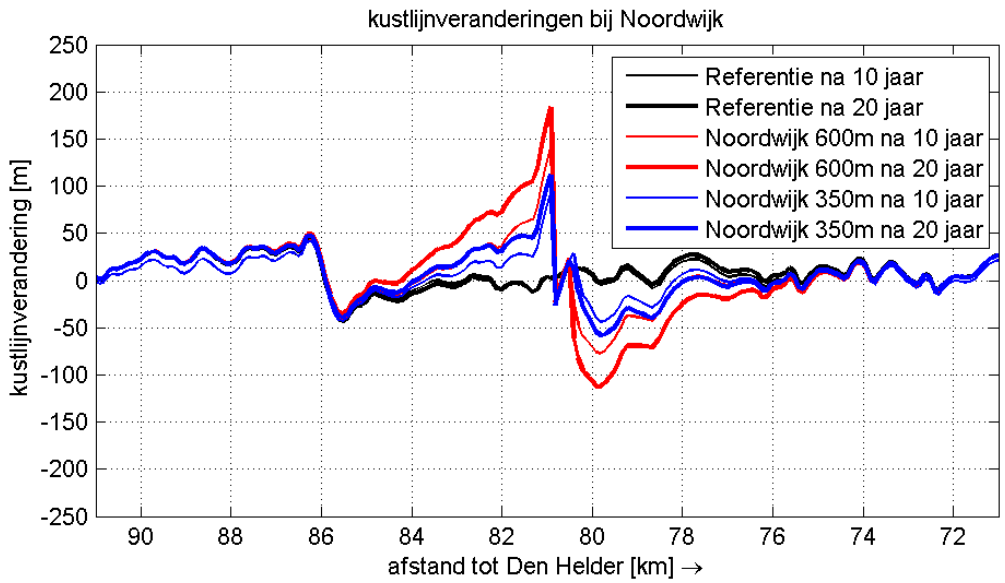
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.175 m over een kustlangs schaal van ca.4.25 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 110 m over een erosiegebied van ca. 4.25 km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 110 m * 4250 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 2.3 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Noordwijk met havendammen van 350 m lengte met 75% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

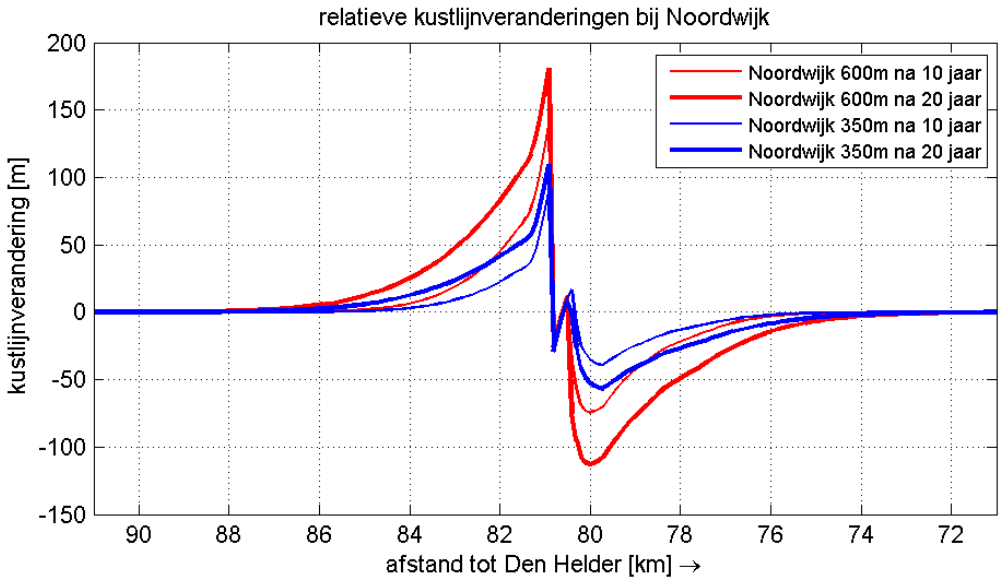
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.100 m over een kustlangse schaal van ca. 4 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 55 m over een erosiegebied van ca. 3.75 km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 55 m * 3750 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 1 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

Opgemerkt wordt dat bij een jachthaven met havendammen van 350 m lengte weliswaar minder erosie optreed maar dat er aanzienlijk meer sedimentatie van de toegangsgeul en havenmonding plaatsvindt en dat de toegankelijkheid van de jachthaven in de winter niet kan worden gegarandeerd.

De benaderingsmethode zoals gepresenteerd in paragraaf 3.4 en Figuur 3.18 komt voor Noordwijk met een netto jaarlijks langstransport van ca. 260.000 m^3/jaar tot een uitbouw van ca.160 m in 20 jaar en een sedimentatievolume van ca. 2.6 Mm^3 in 20 jaar tijd. Het erosievolume is bij deze methode gelijk aan het sedimentatievolume. Deze waarden komen redelijk overeen met de hierboven gepresenteerde UNIBEST-CL+ resultaten voor Noordwijk.



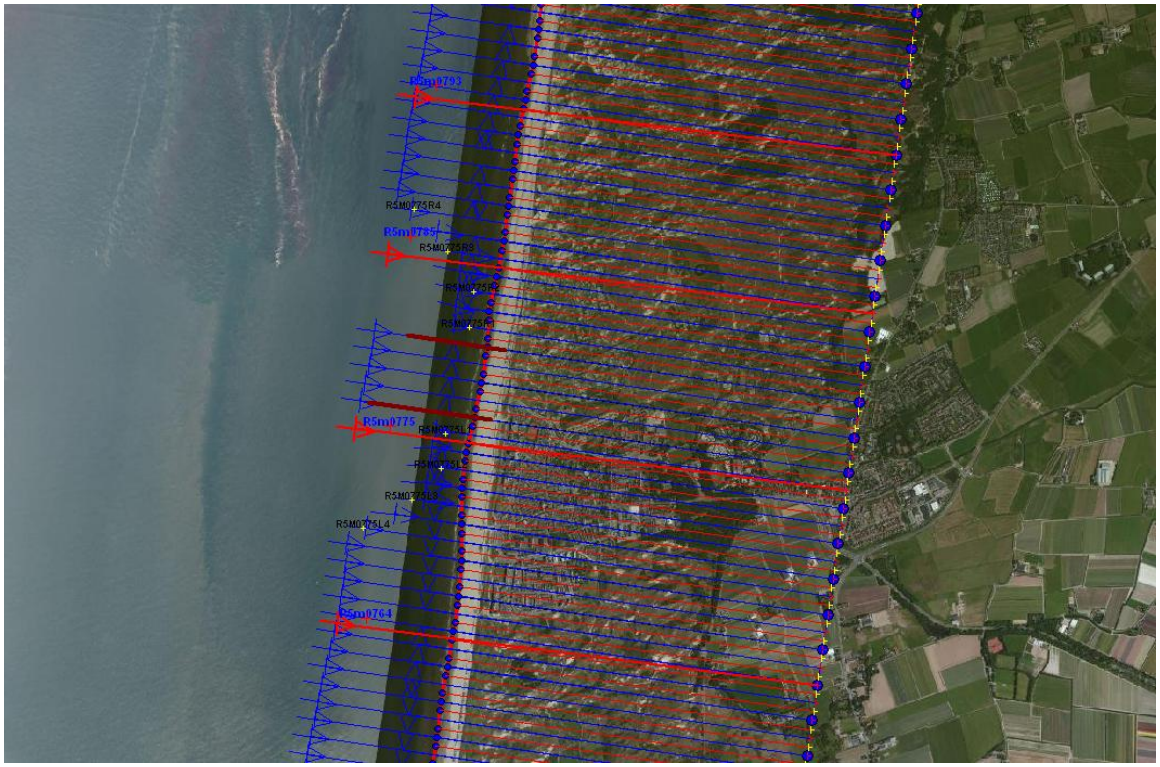
Figuur 4.10 Kustlijnveranderingen bij Noordwijk voor referentieberekening 1A en de berekeningen met jachthavens met havendammen van respectievelijk 600 en 350 m lengte ten opzichte van de oorspronkelijk kustlijnligging



Figuur 4.11 Relatieve kustlijnveranderingen bij Noordwijk ten opzichte van referentieberekening 1A

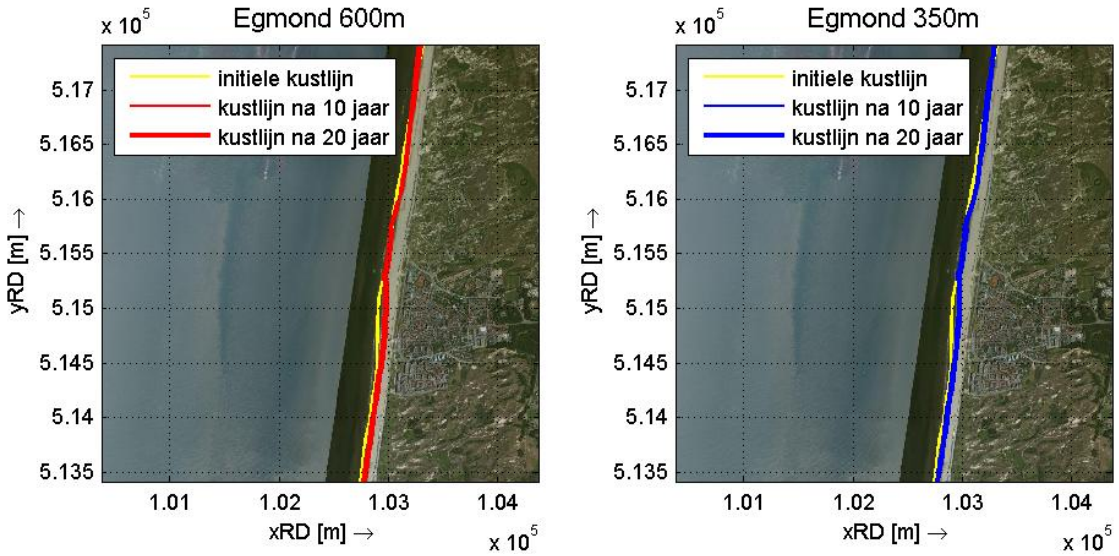
4.3.3 Effecten jachthaven Egmond

Bij het bepalen van de lokale morfologische effecten van een jachthaven bij Egmond is uitgegaan van aanleg van een jachthaven net ten noorden van boulevard Noord (raai 3725), zie Figuur 4.12. De lokale golfklimaten aan weerszijden van de jachthaven zijn bepaald met de golfreductie en –diffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Voor de jachthaven met havendammen van 600 m is een bypass aangehouden van 50% van het netto langstransport, terwijl voor de jachthaven met havendammen van 350 m lengte een bypass van 75% van het langstransport is aangehouden. De bypass percentages zijn gebaseerd op vuistregels en berekeningen met Delft3D, zie Bijlage A.



Figuur 4.12 Implementatie in UNIBEST-CL+ van de jachthaven bij Egmond net ten noorden van Boulevard Noord (raai 3725) met havendammen van 600 m. lengte.

Figuur 4.13 toont de berekende kustlijnligging bij Egmond na 10 en 20 jaar voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m en voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 350 m. In tegenstelling tot de ontwikkeling bij Katwijk en Noordwijk is er zowel aan de noordzijde als aan de zuidzuide sprake van erosie, waarbij de kustlijnveranderingen voor de jachthaven met havendammen van 600 m lengte en die voor de jachthaven met havendammen van 350 m niet veel verschillen.



Figuur 4.13 Berekende kustlijnligging bij Egmond met een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m (links) en van 350 m (rechts)

Figuur 4.14 en Figuur 4.15 laten respectievelijk de kustlijnveranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijnligging en de relatieve kustlijnveranderingen ten opzichte van de kustlijnveranderingen in de referentieberekening (1A) zien.

- De referentieberekening voor Egmond laat afwisselend erosie en sedimentatie ten zuiden en noorden van Egmond en laat bij Egmond zelf een maximale sedimentatietrend zien van ca. 4.4 m/jaar. De afwisselende trend wordt vooral veroorzaakt door de initiële kustlijnoriëntatie die rond Egmond enigszins varieert en ook nog eens dicht bij de evenwichtsoriëntatie ligt. De kustlijnveranderingen als gevolg van de aanleg van nieuwe zeejachthavens bij Egmond worden relatief, ten opzichte van de referentieberekening, beschreven.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Egmond met havendammen van 600 m lengte, met 50% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

- een maximale relatieve recessie in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.10 m over een kustlangse schaal van ca.2 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 5 m over een erosiegebied van ca. 6 km.
- Het totale relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 10 m * 2000 m * 10 m (actieve hoogte) + 0.5 * 5 m * 6000 m * 10 m = ca. 250.000 m^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

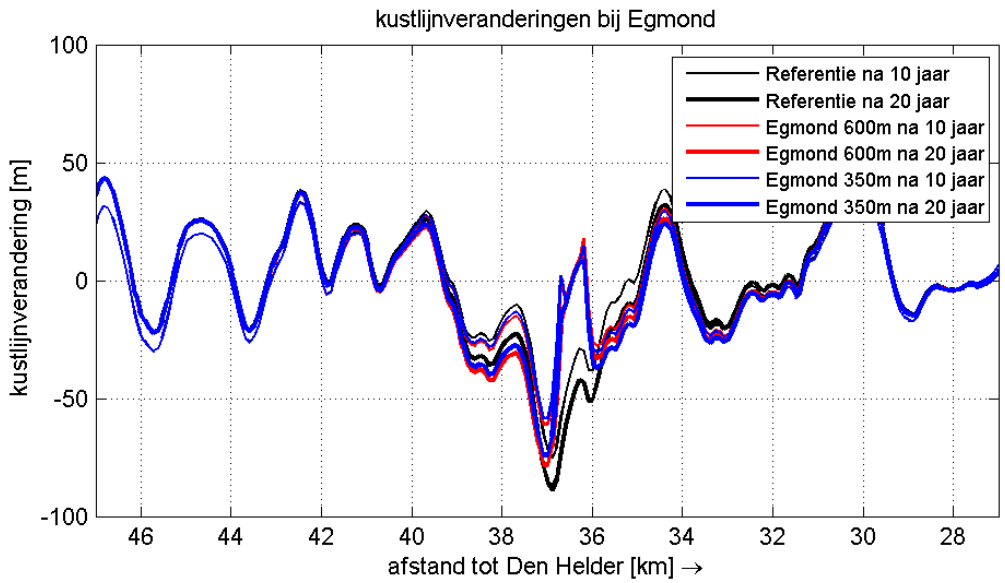
Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Egmond met havendammen van 350 m lengte met 75% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

- een relatieve recessie in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.5 m over een kustlangse schaal van ca.1.5 km

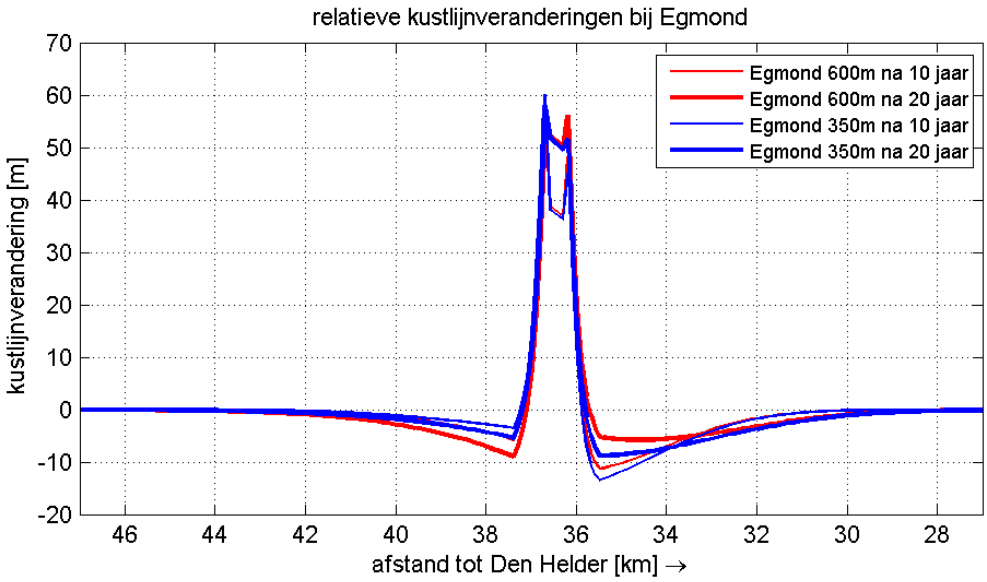
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 10 m over een erosiegebied van ca. 6 km.
- Het totale relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 10 m * 1500 m * 10 m (actieve hoogte) + 0.5 * 5 m * 6000 m * 10 m = ca. 225.000 m^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

In het algemeen leidt een jachthaven met kortere havendammen tot kleinere erosievolumes, maar ook tot meer aanzanding in de toegangsgeul en havenmonding en kan de toegankelijkheid in de winter problematisch zijn.

De benaderingsmethode zoals gepresenteerd in paragraaf 3.4 en Figuur 3.18 komt voor Egmond met een netto jaarlijks langstransport van ca. 20.000 m^3/jaar (in zuidelijke richting) tot een uitbouw van ca.40 m in 20 jaar en een sedimentatievolume van ca. 0.3 Mm^3 in 20 jaar tijd. Het erosievolume is bij deze methode gelijk aan het sedimentatievolume. In vergelijking met de UNIBEST-CL+ berekeningen overschat de benaderingsmethode de kustuitbouw en het sedimentatievolume bij lage netto transporten.



Figuur 4.14 Kustlijnveranderingen bij Egmond voor referentieberekening 1A en de berekeningen met jachthavens met havendammen van respectievelijk 600 en 350 m lengte ten opzichte van de oorspronkelijk kustlijnligging

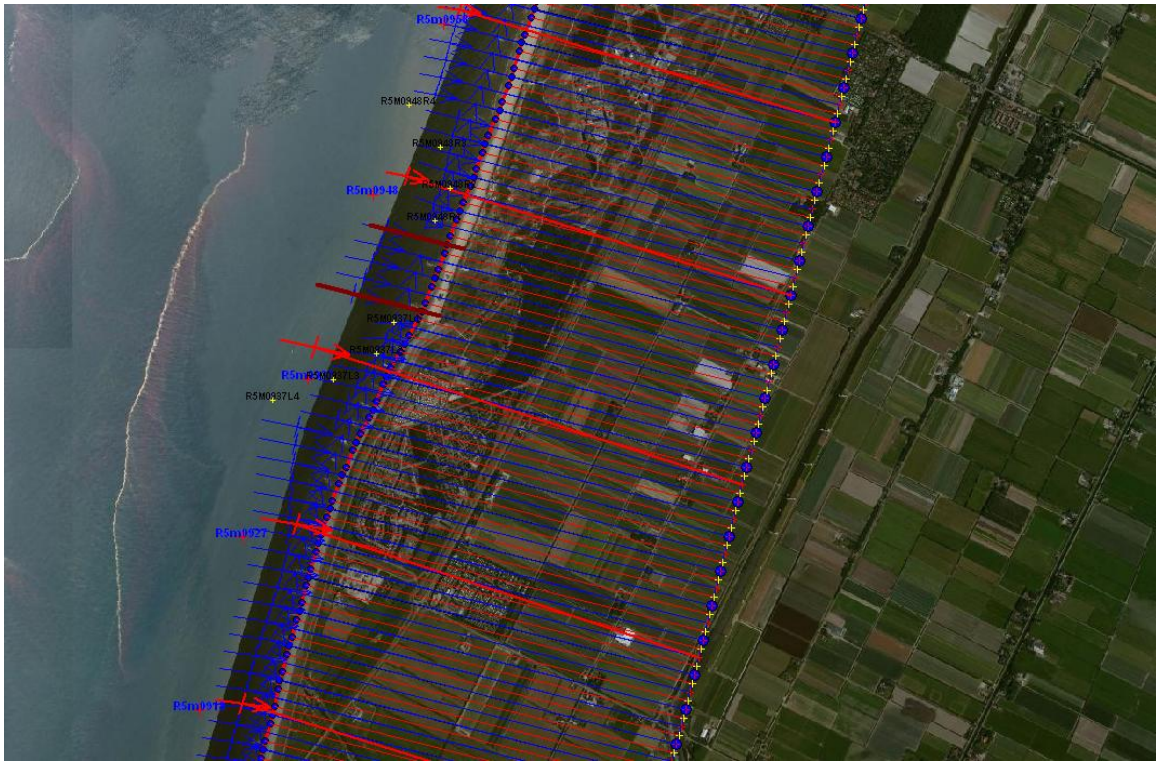


Figuur 4.15 Relatieve kustlijnveranderingen bij Egmond ten opzichte van referentieberekening 1A

Het netto langstransport bij Egmond zoals bepaald in deze studie op basis van een uitgebreid golfklimaat is met ca. 20.000 m^3/jaar vrij klein en zuidgaand waar eerdere studies tot een hoger noordgaand netto transport uitkwamen van ca. 50.000 tot 125.000 m^3/jaar. Divergentie van het netto langstransport met zuidgaand transport ten zuiden van Egmond en noordgaand transport ten noorden van Egmond zou stroken met de praktijk waarbij er regelmatig gesuppleerd moet worden bij Egmond. Het valt echter buiten de scope van deze studie de grootschalige transportpatronen in meer detail te bestuderen. Het verdient daarom aanbeveling de richting en grootte van het langstransport bij Egmond verder te bestuderen.

4.3.4 Effecten jachthaven Petten

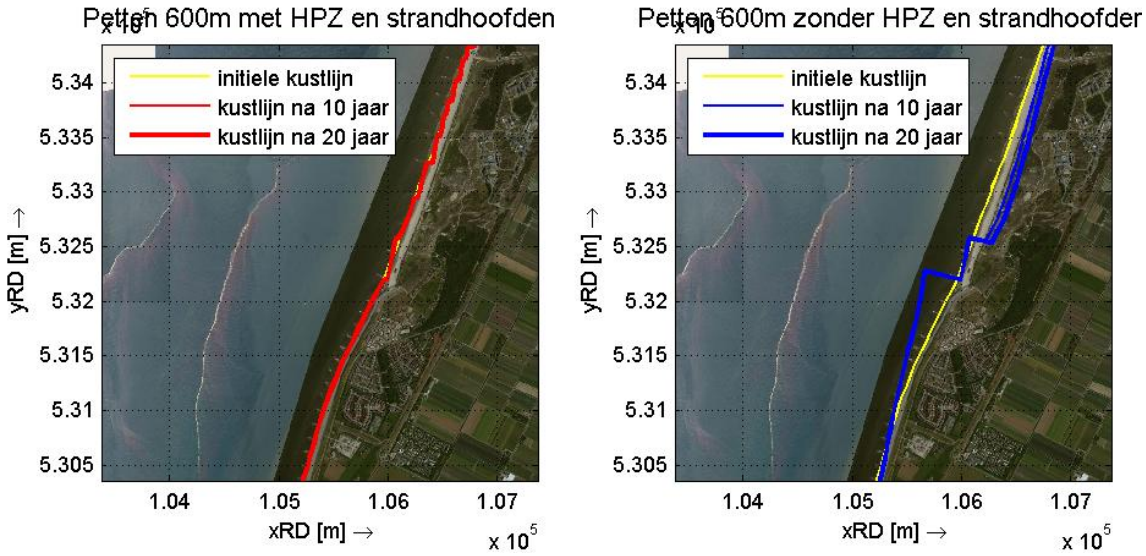
Bij het bepalen van de lokale morfologische effecten van een jachthaven bij Petten is uitgegaan van aanleg van een jachthaven net ten noorden van de Pettemer zeewering (raai 2023), zie Figuur 4.16. De lokale golfklimaten aan weerszijden van de jachthaven zijn bepaald met de golfreductie en –diffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Voor de jachthaven met havendammen van 600 m is een bypass aangehouden van 50% van het netto langstransport, gebaseerd op vuistregels en berekeningen met Delft3D, zie Bijlage A.



Figuur 4.16 Implementatie in UNIBEST-CL+ van de jachthaven bij Petten net ten noorden van de Pettemer zeewering (raai 2023) met havendammen van 600 m. lengte.

De effecten van een zeejachthaven bij Petten zijn bepaald ten opzichte van zowel referentieberekening 1A, met HPZ en strandhoofden als ten opzichte van referentieberekening 1C, zonder HPZ en strandhoofden. In de huidige situatie met HPZ en strandhoofden is kustlijn grotendeels gefixeerd waarmee er slechts beperkte kustlijnachteruitgang mogelijk is en de effecten van een jachthaven op dit vlak beperkt zullen zijn. In de toekomstige situatie waarbij de HPZ en strandhoofden als onderdeel van de zandige oplossing van de zwakke schakels HPZ en duinenkop van Noord-Holland onder het zand verdwijnen is er wel kusterosie mogelijk en zullen de effecten van en jachthaven bij Petten aanmerkelijk groter zijn.

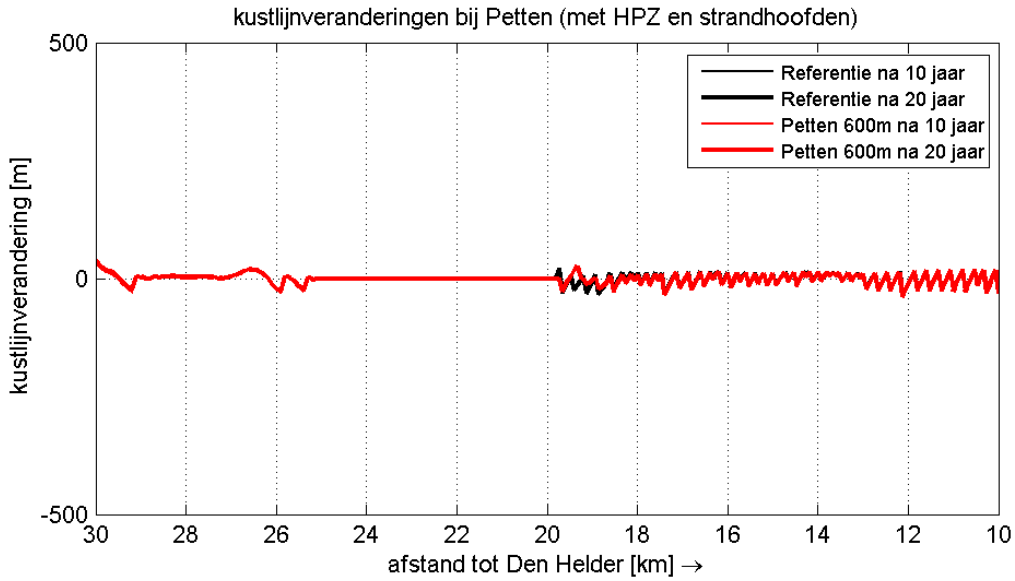
Figuur 4.17 toont de berekende kustlijnligging bij Petten na 10 en 20 jaar voor een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m in de situatie met HPZ en strandhoofden en in de situatie zonder HPZ en strandhoofden. In de situatie met HPZ en strandhoofden wordt de kustlijn gefixeerd en is er geen sprake van kustlijnachteruitgang. Wel is te zien dat de kustoriëntatie tussen de strandhoofden zich aanpast. In de situatie zonder HPZ en strandhoofden kan de kustlijn vrij eroderen, wat zowel in de referentieberekening 1C (zonder jachthaven) als in de berekening met een jachthaven met havendammen van 600 m lengte gebeurt.



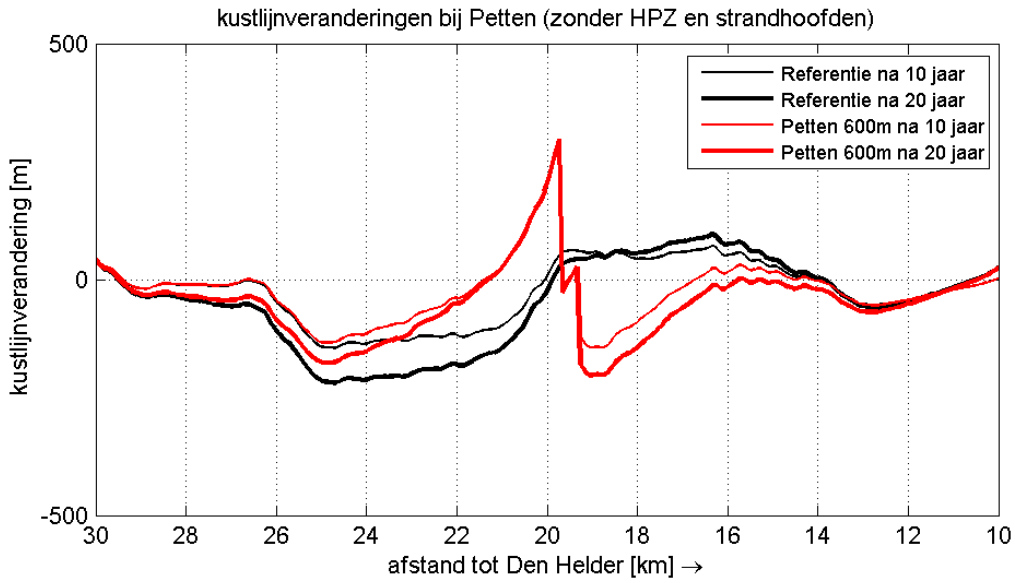
Figuur 4.17 Berekende kustlijnligging bij Petten met een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m met (links) en zonder (rechts) HPZ en strandhoofden

Figuur 4.18 en Figuur 4.15 laten respectievelijk de kustlijnveranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijnligging zien voor de jachthaven met havendammen van 600 m in de situatie met HPZ en strandhoofden en in de situatie zonder HPZ en strandhoofden. In de situatie met HPZ en strandhoofden is er zowel in de referentieberekening (1A) als met een jachthaven met havendammen van 600 m geen sprake van kusterosie. Dit komt doordat modelmatig de langstransporten over de HPZ gelijk worden gesteld aan de zeer lage transporten aan de benedenstroomse rand, zie Figuur 4.3. In werkelijkheid wordt een zeker transport verwacht langs de HPZ waarmee er ook een zekere aanzanding plaats zal vinden aan de zuidzijde van een nieuwe jachthaven bij Petten in de situatie met HPZ en strandhoofden.

In de situatie zonder HPZ en strandhoofden is er in de referentieberekening zonder jachthaven (1C) sprake van erosie ter plaatse van de HPZ en aanzanding ten noorden van de HPZ en is er in de situatie met een jachthaven met havendammen van 600 m sprake van aanzanding ten zuiden van de jachthaven, ter plaatse van de HPZ, en erosie ten noorden van de jachthaven. Deze laatste resultaten worden in het licht van de geplande zandige oplossing van de zwakke schakels HPZ en de duinenkop van Noord-Holland in dit geval relevanter geacht en zijn verder uitgewerkt



Figuur 4.18 Kustlijnveranderingen bij Petten voor referentieberekening 1A, met HPZ en strandhoofden en de berekeningen met een jachthaven met havendammen van 600 m ten opzichte van de oorspronkelijk kustlijnligging. NB de transporten over de HPZ worden modelmatig gelijkgesteld aan de zeer lage transporten aan de benedenstroomse rand waardoor er geen aanzanding plaatsvindt aan de zuidzijde van de nieuwe jachthaven. In werkelijkheid zal er een zeker transport zijn langs de HPZ en zal er ook een zekere aanzanding zijn aan de zuidzijde van de jachthaven.



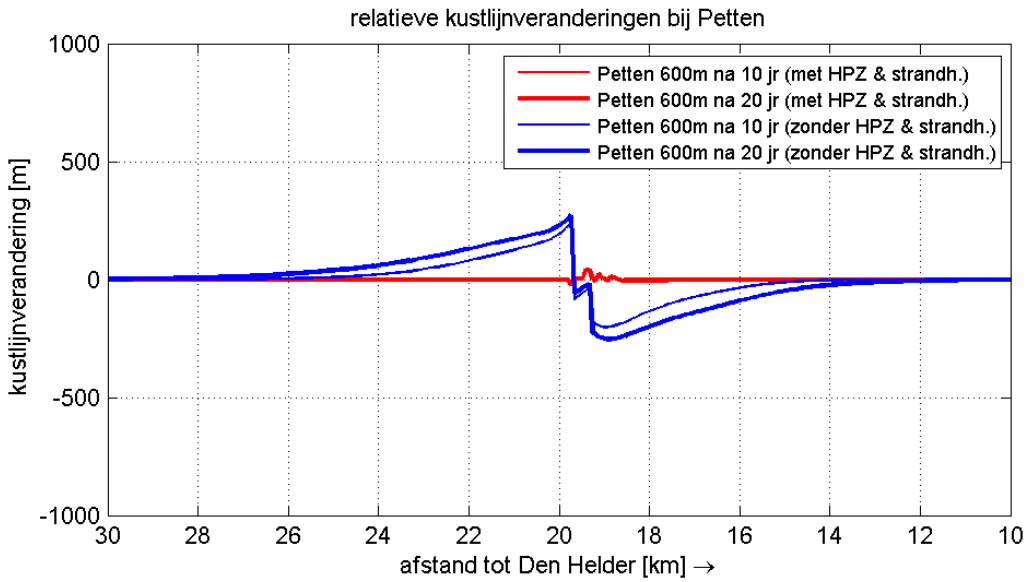
Figuur 4.19 Kustlijnveranderingen bij Petten voor referentieberekening 1C, zonder HPZ en strandhoofden en de berekeningen met een jachthaven met havendammen van 600 m ten opzichte van de oorspronkelijk kustlijnligging

Figuur 4.20 geeft de relatieve kustlijnveranderingen voor een jachthaven bij Petten met havendammen van 600 m lengte ten opzicht van referentieberekening 1C zonder HPZ en strandhoofden.

Als gevolg van de aanleg van een jachthaven bij Petten met havendammen van 600 m lengte, met 50% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van ca.270 m over een kustlangs schaal van ca.6 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van ca. 250 m over een erosiegebied van ca. 7 km. Het relatieve erosievolume is daarmee 0.5 * 250 m * 7000 m * 10 m (actieve hoogte) = ca. 8.8 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

De benaderingsmethode zoals gepresenteerd in paragraaf 3.4 en Figuur 3.18 en Figuur 3.19 komt voor Petten zonder HPZ en strandhoofden met een netto jaarlijks langstransport van ca. 480.000 m^3/jaar tot een uitbouw van ca.210 m in 20 jaar en een sedimentatievolume van ca. 7.7 Mm^3 in 20 jaar tijd. Het erosievolume is bij deze methode gelijk aan het sedimentatievolume. Deze waarden komen redelijk overeen met de hierboven gepresenteerde UNIBEST-CL+ resultaten voor Petten zonder HPZ en strandhoofden.



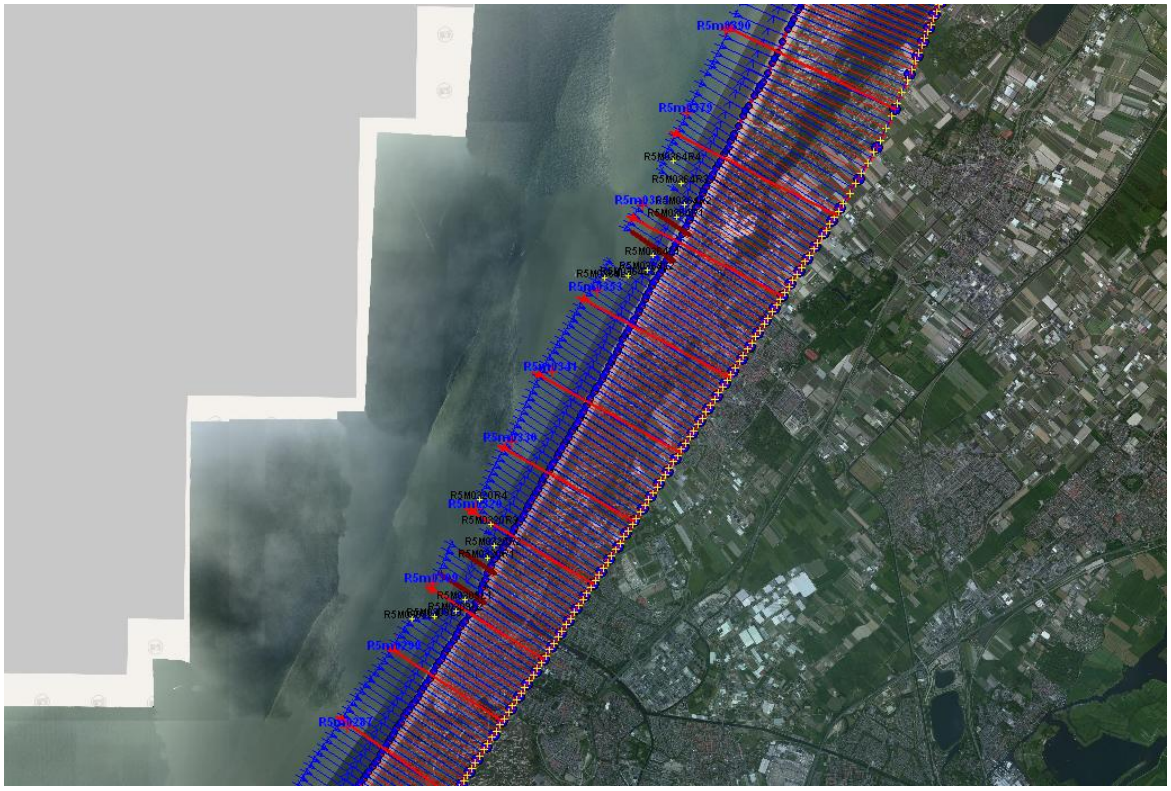
Figuur 4.20 Relatieve kustlijnveranderingen bij Petten ten opzichte van referentieberekening 1C

4.4 Cumulatieve effecten zeejachthavens

4.4.1 Effecten jachthavens Katwijk en Noordwijk

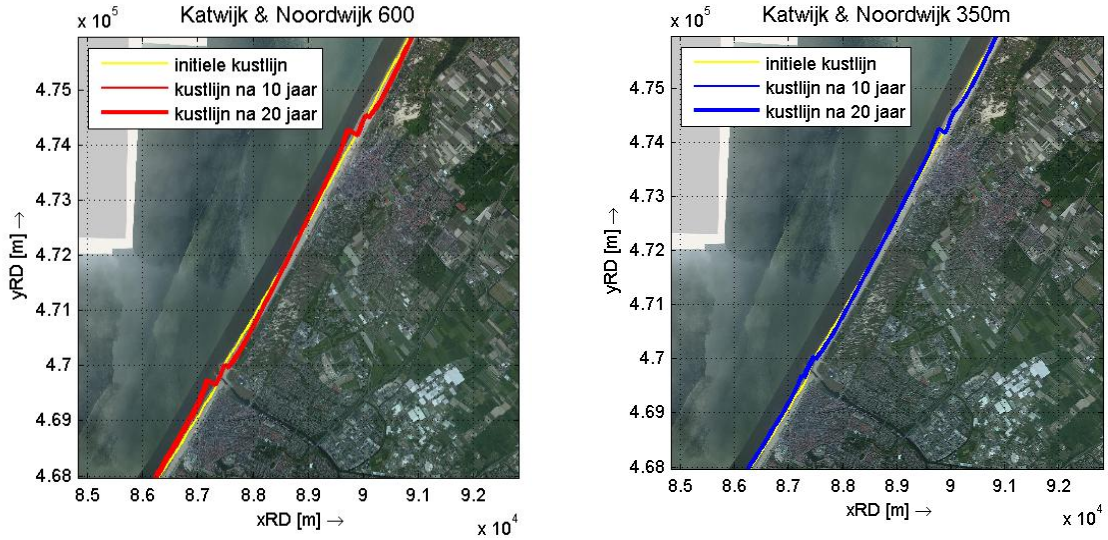
Om de cumulatieve effecten van nieuwe zeejachthavens op onderling geringe afstand te bepalen zijn twee kustlijnberekeningen uitgevoerd met een nieuwe jachthaven bij zowel Katwijk als bij Noordwijk. Op basis van de resultaten van berekeningen zoals gepresenteerd in paragraaf 4.3 werd geconcludeerd dat de invloedszone van een enkelvoudige jachthaven in dit gebied ca. 4 tot 5 km bedraagt. Bij aanleg van jachthavens op een onderlinge afstand van ca.5 km (afstand Katwijk - Noordwijk) beïnvloeden de jachthavens elkaar. Bij het bepalen

van deze cumulatieve morfologische effecten van de jachthavens bij Katwijk en Noordwijk zijn de lokale golfklimaten aan weerszijden van de jachthaven bepaald met de golfreductie en –diffractieformuleringen van Kamphuis (2000). Een overzichtskaart van beide havens zoals geimoplementeerd in UNIBEST-CL+ is gegeven in Figuur 4.21. Voor de jachthavens met havendammen van 600 m is een bypass aangehouden van 50% van het netto langstransport, gebaseerd op vuistregels en berekeningen met Delft3D, zie Bijlage A.



Figuur 4.21 Implementatie in UNIBEST-CL+ van de jachthavens bij Katwijk en Noordwijk met havendammen van 600 m. lengte.

Figuur 4.22 toont de berekende kustlijnligging tussen Katwijk en Noordwijk na 10 en 20 jaar voor nieuwe jachthavens met havendammen van 600 m en voor nieuwe jachthavens met havendammen van 350 m. Voor beide jachthavens is er sprake van aanzanding aan de zuidzuide en erosie aan de noordzijde, hoewel de aanzandingszone ten zuiden van Katwijk en de erosiezone ten noorden van Noordwijk groter zijn dan de aanzanding- en erosiezones tussen beide jachthavens, die in elkaar overlopen.



Figuur 4.22 Berekende kustlijnligging tussen Katwijk en Noordwijk met nieuwe jachthavens met havendammen van 600 m (links) en 350 m (rechts).

Figuur 4.23 en Figuur 4.24 laten respectievelijk de kustlijnveranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijnligging en de relatieve kustlijnveranderingen ten opzichte van de kustlijnveranderingen in de referentieberekening (1A) zien.

- De referentieberekening met HPZ en strandhoofden (1A) laat een positieve trend zien ten zuiden van het uitlaatkanaal en een negatieve trend direct ten noorden daarvan, waarna de trend richting Noordwijk terug loopt naar nul, een stabiele kustlijn.

Als gevolg van de aanleg van jachthavens bij Katwijk en Noordwijk met havendammen van 600 m lengte, met 50% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van de jachthaven bij Katwijk van ca.165 m over een kustlangse schaal van ca.5 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van de jachthaven bij katwijk van ca. 80 m over een erosiegebied van ca. 2.5km.
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van de jachthaven bij Noordwijk van ca.165 m over een kustlangse schaal van ca.2.5 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van de jachthaven bij katwijk van ca. 110 m over een erosiegebied van ca. 6 km.
- De som van beide relatieve erosiezones bedraagt 0.5 * 80 m * 2500 m * 10 m (actieve hoogte) + 0.5 * 110 m * 6000 m * 10 m = ca. 4.3 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

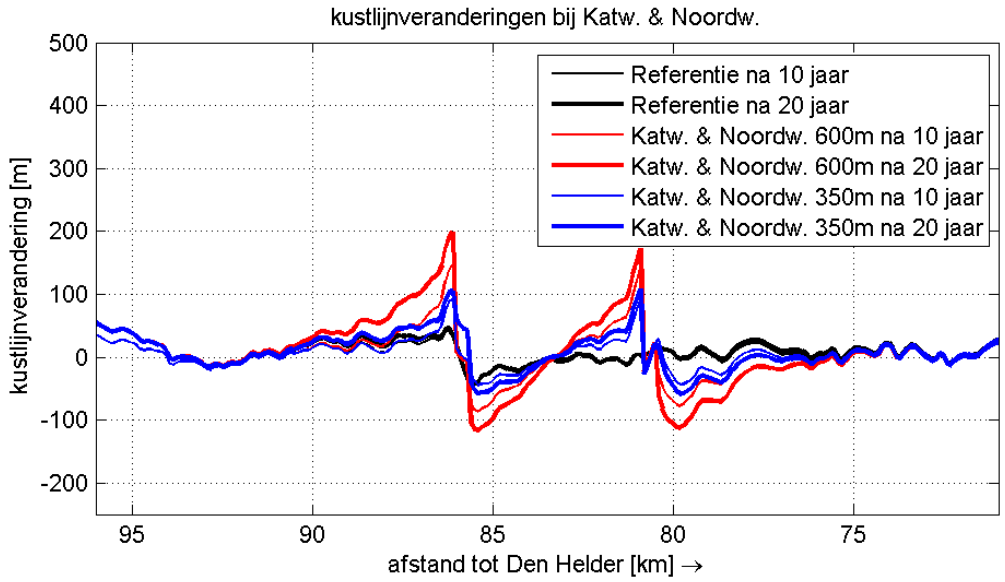
Als gevolg van de aanleg van jachthavens bij Katwijk en Noordwijk met havendammen van 350 m lengte met 75% bypass, volgt uit de kustlijnberekeningen:

- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van de jachthaven bij Katwijk van ca.70 m over een kustlangse schaal van ca. 4 km

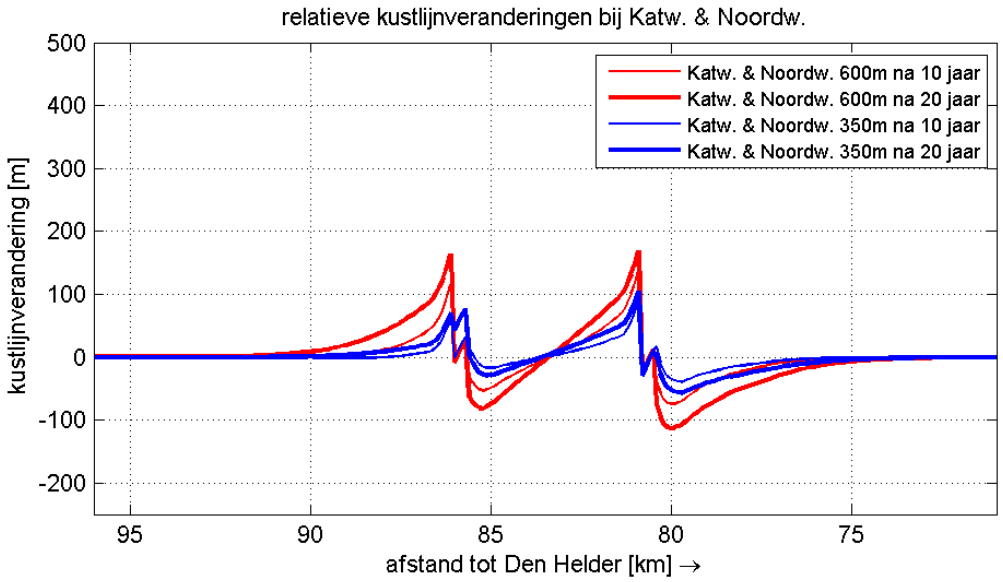
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van de jachthaven bij katwijk van ca. 30 m over een erosiegebied van ca. 2.5km.
- een relatieve kustuitbouw in 20 jaar aan de zuidzijde van de jachthaven bij Noordwijk van ca.70 m over een kustlangse schaal van ca.2.5 km
- een relatieve kustrecessie in 20 jaar aan de noordzijde van de jachthaven bij katwijk van ca. 50 m over een erosiegebied van ca. 6 km.
- De som van beide relatieve erosiezones bedraagt 0.5 * 30 m * 2500 m * 10 m (actieve hoogte) + 0.5 * 50 m * 6000 m * 10 m = ca. 1.9 Mm^3 in 20 jaar.
- Het suppletievolume om deze kusterosie te compenseren, is in de praktijk, bij onderwatersuppleties ca. 2 maal het erosievolume.

In vergelijking met een enkele nieuwe jachthaven bij ofwel Katwijk of Noordwijk zijn zowel de maximale, relatieve kustuitbouw als maximale, relatieve kustrecessie van dezelfde orde-grootte en is het totale relatieve erosievolume van twee nabij gelegen nieuwe jachthavens vrijwel gelijk aan tweemaal het relatieve erosievolume van een enkele jachthaven.

Hoewel er aanzienlijk minder onderhoud van de aanliggende kust noodzakelijk is bij jachthavens met havendammen van 350 m lengte in vergelijking met jachthavens met havendammen van 600 m lente, moet hierbij worden aangetekend dat er bij dit type jachthavens veel meer sedimentatie van de toegangsgeul en havenmonding optreed en er problemen met de toegankelijkheid van de haven zijn te voorzien in de winterperiode.



Figuur 4.23 Kustlijnveranderingen tussen Katwijk en Noordwijk voor referentieberekening 1A en de berekeningen met jachthavens met havendammen van 600 m (rood) en 350 m lengte (blauw).



Figuur 4.24 Relatieve kustlijnveranderingen tussen Katwijk en Noordwijk ten opzichte van referentieberekening 1A

5 Conclusies en aanbevelingen

Door Deltares / Pieter Koen Tonnon & Leo van Rijn

Hoofdstuk 1

- Het deelprogramma kust van het Deltaprogramma betrekt de maatschappelijke wensen voor het gebruik van de kust, waaronder het ontwikkelen van jachthavens, in de langetermijnvisie voor een veilige, aantrekkelijke en economische sterke kust.

- Langs de Nederlandse kust liggen momenteel 17 jachthavens, twaalf langs de Waddenkust, twee langs de Hollandse kust en drie langs de Delta kust. Op vijf plaatsen langs de Nederlandse kust heeft men wensen en is er initiatief genomen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven, namelijk: Cadzand, Katwijk, Noordwijk, Zandvoort en Petten.

Hoofdstuk 2

- Een voornemen tot het ontwikkelen van een nieuwe jachthaven zal getoetst worden aan het nationaal waterplan (2009) en de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR, 2012).

- Het kustbeleid is een voortzetting van het beleid uit de 3^{e} Kustnota, de Nota Ruimte en de Beleidslijn kust. Het beproefde adagium voor kustverdediging ‘zacht waar het kan, hard waar het moet’ en de ‘ja mits – nee tenzij’ benadering van ruimtelijke ontwikkeling waarin onderscheid gemaakt wordt tussen stedelijk en buitenstedelijk gebied blijft gelden. ‘Ja mits’ houdt in dat ruimtelijke ontwikkelingen getoetst worden aan de veiligheid van de kust op lange termijn, de zandige ontwikkeling van de kust, de vrije horizon en aan andere wettelijke kaders, hoofdzakelijk natuurwetgeving. ‘Nee tenzij’ houdt in dat het bevoegd gezag medewerking kan verlenen aan bepaalde ingrepen, zoals tijdelijke activiteiten en voorzieningen van openbaar belang. Deze worden vervolgens aan dezelfde kaders getoetst.

Hoofdstuk 3

- De effecten van een zeejachthaven langs de Hollandse kust worden bepaald door golven, stromingen en zandtransport in combinatie met de lengte van de havendammen. Het netto jaarlijkse zandtransport langs de Hollandse kust is van de orde 100.000 tot ca. 300.000 m^3/jaar, afhankelijk van de lokale kustoriëntatie, het lokale golfklimaat en de korrelgrootte van het zand.

- De haveningang dient zoveel mogelijk zeewaarts van de brandingszone te liggen om verzanding te voorkomen. Zodoende is de ligging van de buitenste brekerbank van belang voor de aanleg van een zeejachthaven. Tussen Katwijk en Zandvoort en tussen Wijk aan Zee en Egmond ligt deze op ca. 500 m uit de kust (t.o.v. de rijksstrandpalenlijn), tussen Petten en Callantsoog op ca. 300 m. In het laatste geval zal de buitenste brekerbank na de aanstaande versterking op ca. 500 m komen te liggen.

- Als gevolg van de aanleg van een zeejachthaven langs de Hollandse kust zullen er vergelijkbare effecten (maar wel op kleinere schaal) optreden als bij IJmuiden en Scheveningen:
  - aan de zuidkant van de zeejachthaven zal een brede strandvlakte ontstaan door blokkade van het noordgaande langstransport van zand (zie Figuur 3.13 en Figuur 3.14); de breedte van de nieuwe strandvlakte is afhankelijk van de geometrie van de havendammen (lengte en vorm); de zandvlakte zal zich op termijn uitbreiden tot een kustlangs gebied van ca. 3 tot 5 km;
  - aan de noordkant van de jachthaven zal een kleinere strandvlakte ontstaan door blokkade van het langstransport tijdens situaties met wind en golven uit het noorden;
  - verder weg ten noorden van de jachthaven (op een afstand gelijk aan de lengte van de dammen, ca. 0.5 to 1 km) zal kusterosie optreden door het weer op gang komen van het noordgaande zandtransport; een dergelijk effect treedt ook ten zuiden van de jachthaven op;
  - verstuiving van zand en vorming van nieuwe duinen aan de zuidzijde (op lange termijn);
  - geringe aanzanding in de haveningang op langere termijn, afhankelijk van de lengte van de golfbrekerdammen;
  - ontstaan van ontgrondingskuilen ter plaatse van de haveningang door stroomcontractie;
  - ontstaan van circulatiestromen (muistromen) aan weerszijden van de havendammen.

- Om de kustlijn in stand te houden met vooroever suppleties is aanzienlijk (factor 2 tot 3) meer zand nodig dan het directe erosieverlies. In de praktijk past Rijkswaterstaat, bij vooroever suppleties een suppletievolume toe van ca. 2 maal het erosievolume.

- De maximale kustuitbouw en het aanzanding- en erosievolume kan eenvoudig worden afgeschat door het volume van de parabolische kustaangroei gelijk te stellen aan het netto langstransport, zie Figuur 3.19. Met de efficiëntie factor voor vooroeversuppleties kan vervolgens het jaarlijkse suppletievolume worden bepaald, zie onderstaand stappenplan:
  - stap 1: bepaal het netto langstransport voor de lokatie van de nieuwe jachthaven op basis van eerdere studies of nieuwe berekeningen. De netto langstransporten langs de Hollandse kust zijn gegeven in Figuur 4.3.
  - stap 2: bepaal het erosievolume voor het lokale netto langstransport met behulp van Figuur 3.19.
  - stap 3: bereken het jaarlijkse suppletievolume door het erosievolume eerst te delen door het aantal jaar waarvoor het erosievolume is bepaald en vermenigvuldig dat jaarlijks gemiddelde erosievolume vervolgens met de in praktijk gehanteerde efficiëntie factor van 2 voor vooroever suppleties om te komen tot het jaarlijkse suppletievolume.

Hoofdstuk 4

- De morfologische effecten van nieuwe jachthavens bij Katwijk, Noordwijk, Egmond of Petten (in de toekomstige situatie zonder HPZ en strandhoofden) met havendammen van 600 m lengte, met een bypass van 50% zijn samengevat in Tabel 5.1.

	Katwijk	**Noordwijk**	**Egmond**	**Petten** (in toekomstige situatie zonder HPZ* en strandhoofden**)**
netto langstransport [m^3/jaar]	260.000	260.000	-20.000	480.000
relatieve kustuitbouw in 20 jaar [m]	160	175	40	270
relatieve kustrecesssie in 20 jaar [m]	90	110	5 à 10	250
invloedszone aan weerszijden na 20 jaar [km]	5	4.3	2 tot 6	6
relatief erosievolume in 20 jaar [Mm^3]	2	2.3	0.3	ca. 8.8

Tabel 5.1 Overzicht van morfologische effecten van een nieuwe jachthaven met havendammen van 600 m, met 50% bypass. NB: het aanzandingsvolume is gelijk aan het erosievolume.

- Het netto langstransport bij Egmond zoals bepaald in deze studie op basis van een uitgebreid golfklimaat is met ca. 20.000 m^3/jaar vrij klein en zuidgaand waar eerdere studies tot een hoger noordgaand netto transport uitkwamen van ca. 50.000 tot 125.000 m^3/jaar. Divergentie van het netto langstransport met zuidgaand transport ten zuiden van Egmond en noordgaand transport ten noorden van Egmond zou stroken met de praktijk waarbij er regelmatig gesuppleerd moet worden bij Egmond. Het valt echter buiten de scope van deze studie de grootschalige transportpatronen in meer detail te bestuderen. Het verdient daarom aanbeveling de richting en grootte van het langstransport bij Egmond verder te bestuderen.

- De morfologische effecten van een nieuwe jachthaven met havendammen van 350 m lengte, met 75% bypass zijn grofweg een factor 2 kleiner. Hierbij wordt opgemerkt dat er bij jachthavens met relatieve korte havendammen weliswaar minder onderhoud van de aanliggende kust noodzakelijk is, maar dat er veel meer sedimentatie van de toegangsgeul en havenmonding optreed en er problemen met de toegankelijkheid van de haven zijn te voorzien in de winterperiode.

- cumulatieve morfologisch effecten van jachthavens bij Katwijk en Noordwijk:
  - Het netto langstransport tussen Katwijk en Noordwijk is vrijwel constant en bedraagt ca. 260.000 m^3/jaar in noordelijke richting. De effecten van jachthavens op beide lokaties is vrijwel identiek met een maximale, relatieve kustuitbouw aan de zuidzijde en een maximale, relatieve kustrecesssie aan de noordzijde van respectievelijk 160 tot 170 m in 20 jaar en 90 tot 110 m in 20 jaar voor jachthavens met havendammen van 600 m lengte. Het totale erosievolume als gevolg van de aanleg van een jachthaven in dit gebied bedraagt ca. 2 to 2.3 Mm^3 in 20 jaar.

– Bij aanleg van jachthavens bij zowel Katwijk als Noordwijk blijft de maximale, relatieve kustuitbouw en kustrecessie als gevolg van de aanleg van de jachthavens van dezelfde orde-grootte als bij een enkele jachthaven. En hoewel de erosiezone ten noorden van de noordelijkste jachthaven groter is dan bij een enkele jachthaven, is het totale erosievolume vrijwel gelijk aan tweemaal het erosievolume van een enkele jachthaven. Voor wat betreft het beheer en onderhoud van de kust is aanleg van twee nabijgelegen jachthaven dus niet gunstiger of ongunstiger dan de aanleg van twee jachthavens op onderling grotere afstand.

Referenties

Arens, B., 2009. Effecten van suppleties op duinontwikkeling. Rap2009.02. Bureau Arens voor strand en duinonderzoek

WL | Delft Hydraulics, 1995. Sand budget and coastline changes of the central coast of Holland between Den Helder and Hoek van Holland period 1964-2040, Report H2129, Delft, The Netherlands

Deltares (2008). Samenvatting en evaluatie kustlijnzorgprojecten. Project 1200731.005. Delft. Nederland

Deltares, 2011. Kustlijnverandering als gevolg van kustversterking en jachthaven ter plaatse van Katwijk. Rapport 1204578. Delft, Nederland

Rijkswaterstaat, 1987. Flow velocity measurements, Part II (in Dutch). Note 87.ANP, Directorate North Holland, Rijkswaterstaat, Haarlem, The Netherlands

Van Rijn, L. C., Ruessink, B.G. and Mulder, J.P.M. 2002. COAST3D-Egmond; The behaviour of a straight sandy coast on the time scale of storms and seasons. Aqua Publications, The Netherlands (www.aquapublications.nl)

Luijendijk, AP, Vroeg, H de, Swinkels, C & Walstra, DJR (2011). Coastal response on multiple scales: A pilot study on the IJmuiden Port. In JD Rosati, P Wang & T Robberts (Eds.), *Proceedings of the seventh international symposium on coastal engineering and science of coastal sediment processes—Coastal sediments '11* (pp. 602-615). s.l.: World Scientific. (TUD)

Kamphuis, J.W., (2000). Introduction to Coastal Engineering and Management, World Scientific

Van Rijn, L.C. (2011). Kustlijnveranderingen als gevolg van kustversterking en jachthaven ter plaatse van Katwijk. Deltares rapport 1204578-000, juni 2011.

L.C. van Rijn. (2011) Coastal erosion and control. Ocean and Coastal managament 54; 12, 867.

Van Rijn, L.C. 2007. Unified view of transport by currents and waves. I: Initiation of motion, bed roughness, and bed-load transport. Journal of Hydraulic Engineeing, 133: 649-667.

Van Rijn, L.C. 2007. Unified view of transport by currents and waves. II: Suspended transport. Journal of Hydraulic Engineeing, 133: 668-689.

Van Rijn, L.C. 2007. Unified view of transport by currents and waves. III: Graded sediment. Journal of Hydraulic Engineeing, 133: 761-775.

WL | Delft Hydraulics, 1994. UNIBEST, A software suite for simulation of sediment transport processes and related morphodynamics of beach profiles and coastline evolution. Theoretical reference document. WL | Delft Hydraulics report H454, 1994.

Van de Rest, P. 2004. Morfodynamica.en hydrodynamica.van de Hollandse Kust. MScThesis, TU Delft.

Stive, M. J. F., and Eysink, W. D. (1989). Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090. fase3.Deelrapport 3.1: Dynamisch model van het Nederlandse Kustsysteem (in Dutch), Report H825. Waterloopkundig laboratorium, Delft.

Roelvink, J.A., van der Kaaij, T., Ruessink, B.G. and Bos, K.J. (2001b) Reference scenariosand design alternatives, MARE consortium report no. Z3029.12, ONL Coast and Sea studies.

Steetzel, H.J., de Vroeg. J.H., 1999. Update and validation of the PonTos m,odel. Joint Venture Alkyon Hydrualic Consultancy & Research – WL | Delft Hydraulics. Report A244/Z2559, Delft, The Netherlands. Ministerie van V&W. (2000).

Ministerie van V&W. (2000). *3e Kustnota: Traditie, Trends en Toe-komst*. Den Haag: Ministerie van V&W.

Ministerie van V&W, VROM, DG Ruimte en DG Water. (2007). *Beleidslijn kust.* Den Haag: Ministerie van V&W, DG Water. Den Haag: Ministerie van V&W.

Ministerie van VROM, LNV, V&W en EZ. (2006). *Nota Ruimte: Ruimte voor ontwikkeling.* Den Haag: Ministerie van VROM

Van Kerkhoff Maatwerk in RO. (2011). Jachthaven Cadzand-Bad: Notitie Reikwijdte en Detailniveau.

Oranjewoud. (2010). Havenvisie Wadden: Verantwoord Varen op het Wad. Heerenveen: Oranjewoud.

Grontmij. (2010). *Haalbaarheidsstudie Zeejachthaven Katwijk fase 1*. In opdracht van Gemeente Katwijk. Waddinxveen: Grontmij.

Gemeente Katwijk. Zeejachthaven. Geraadpleegd op 12 juli 2012 via http://www.katwijk.nl/wonen-verkeer-en-leefomgeving/projecten/katwijk-aan-zee/zeejachthaven/.

Grontmij en Intraval. (2008). Zicht op een zeejachthaven: Verkenning aanleg zeejachthaven Katwijk.

Grontmij. (2011). Verkenning achterlandverbinding te Katwijk: Quick scan naar de technische haalbaarheid van een vaarverbinding tussen Oude Rijn en Noordzee. In opdracht van Kamer van Koophandel te Leiden. Waddinxveen: Grontmij.

Smits, M. (2008) Verkennende haalbaarheidsstudie naar de ontwikkeling van een zeejachthaven bij Noordwijk. Afstudeerverslag TU Delft.

Gemeente Noordwijk. (2009). *Noordwijk Zeewaardig: Integrale Ruimtelijke Visie voor de kern van Noordwijk aan Zee.*

Gemeente Noordwijk. (2011). Strategie Noordwijk Zeewaardig.

Gemeente Zandvoort. (2009). *Parel aan zee+: Structuurvisie 2025 met Toekomstvisie 2040.*

Deltares. Not afraid of Red, Yellow and Blue. Kustwikidee. Geraadpleegd op 28 juni 2012 via https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/1.2.1.5.+Not+afraid+of+Red,+Yellow+and+Blue.

Gemeente Petten. *Concept structuurvisie Petten.* Verslag van de presentatie van 10 november 2011 Geraadpleegd op 28 juni 2012 via http://www.zijpe.nl/gemeente/structuurvisie-petten_42001/item/concept-structuurvisie-petten-10-november-2011_30423.html.

Bronnen tabel 1.1:

Jachthaven	Referentie
Breskens	http://www.jachthavenbreskens.nl/
Vlissingen	binnenhavenatlas Zld, http://www2.brasserieevertsen.nl/, tel. contact
Scheveningen	tel. contact jachtclub scheveningen
IJmuiden	http://www.marinaseaport.nl
Den Helder	havenvisie wadden (2010)
Texel (Oudenschild)	havenvisie wadden (2010)
Vlieland (Oost-Vlieland)	havenvisie wadden (2010)
Terschelling (West-Terschelling)	havenvisie wadden (2010)
Ameland (Nes)	havenvisie wadden (2010)
Schiermonnikoog	havenvisie wadden (2010)
Delfzijl	havenvisie wadden (2010)
Termunterzijl	http://www.jachthaventermunterzijl.nl/haven.htm
Lauwersoog	havenvisie wadden (2010), http://www.noordergat.nl/
Harlingen	havenvisie wadden (2010)
Den Oever	havenvisie wadden (2010)
Noordpolderzijl	havenvisie wadden (2010)
Stellendam	tel. contact havenmeester

A Berekende netto en bruto langstransporten

Tabel A.1 geeft de met UNIBEST-LT en LONGMOR berekende netto en bruto transporten voor een aantal lokaties langs de Nederlandse kust. Te zien is dat het bruto langstransport (sommatie van de noordgaande en zuidgaande hoeveelheden) een factor 2 tot 4 groter is dan het netto langstransport.

	UNIBEST-LT				LONGMOR (Van Rijn 2011)			
Plaats	Kust hoek °N	Netto LT 10^3 m^3/jr	Noord. LT 10^3 m^3/jr	Zuidg. LT 10^3 m^3/jr	Kust hoek °N	Netto LT 10^3 m^3/jr	Noord. LT 10^3 m^3/jr	Zuidg. LT 10^3 m^3/jr
Callantsoog*	283.9	205	285	-80	280	125	510	-385
Petten*	287.2	220	425	-205	290	230	550	-320
Bergen	276.6	-14	310	-320	280	125	510	-385
Egmond a/Zee	277.3	-70	320	-390	280	125	510	-385
IJmuiden Noord	286.6	-70	120	-190	285	120	355	-235
Zandvoort	291.5	125	370	-245	290	150	385	-235
Noordwijk	298.2	205	400	-200	300	200	415	-215
Katwijk	304.7	270	420	-150	305	220	410	-190
Scheveningen	311.8	320	470	-150	315	250	380	-130
Ter Heijde	304.4	50	375	-325	315	250	380	-130

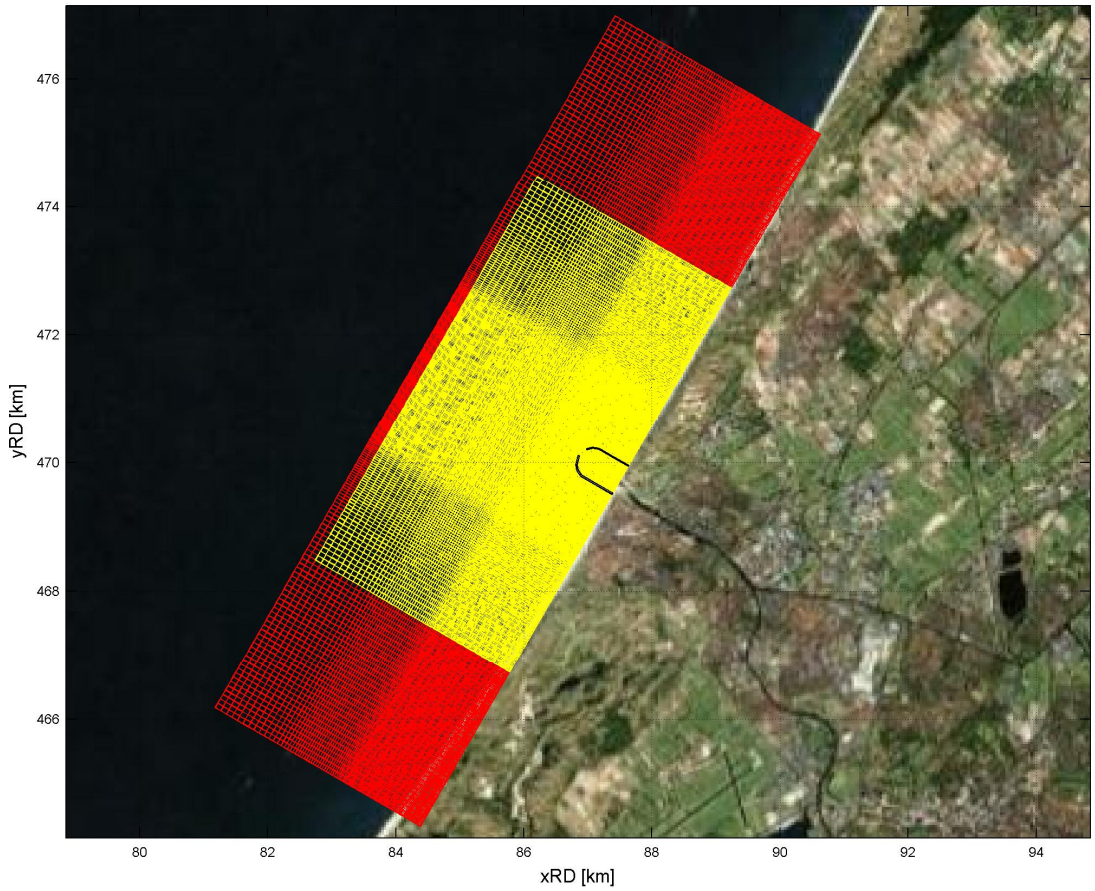
*Tabel A.1 Netto en bruto langstransporten (LT) in UNIBEST-LT en LONGMOR. * De transporten langs de kop van Noord-Holland zijn met 50% gereduceerd in het model om de invloed van de strandhoofden mee te nemen*

B Zandtransport langs een jachthaven (bypass)

In deze bijlage worden de opzet en de resultaten besproken van een Delft3D model waarmee het percentage van het langstransport dat een jachthaven passeert (bypass) is afgeschat.

B.1 Model opzet

Ten behoeve van het afschatten van het percentage van het langstransport dat een jachthaven passeert (bypass) is een simpel Delft3D model opgezet voor Katwijk. Het stromingsrooster beslaat 7 bij 3.5 km en heeft resolutie van 20 x 20 m in het interessegebied rondom de jachthaven. Het golfrooster is groter dan het stromingsrooster, zodat eventuele randeffecten niet van invloed zijn op het stromingsmodel, zie Figuur B.1. De modelbodem is samengesteld op basis van Jarkus 2010. Op de zeewaartse rand worden waterstanden opgelegd, de beide laterale randen zijn zogenaamde neumann randen waar waterstandgradiënten worden opgelegd Er is een periodiek getij opgelegd bestaande uit de M2 en M4 component, waarbij de amplitudes zijn vermenigvuldigd met een factor 1.1 om zodoende het getijgemiddelde transport over een neap-spring cyclus te benaderen.



Figuur B.1 Modelroosters; stromingsrooster (geel) en golfrooster (blauw)

Het stromingsmodel is gekoppeld aan een golfmodel op basis van SWAN, waarbij er elke 24 minuten informatie wordt uitgewisseld tussen beide modellen. De golfrandvoorwaarden bestaan uit 20 golfcondities (zie Tabel B.1) die met behulp van de zogenaamde energy-flux methode zijn afgeleid uit een langjarige tijdserie van golfparameters bij Katwijk op een diepte van 16m. Deze tijdserie is bepaald met de golfinterpolatiematrix welke binnen building with Nature is ontwikkeld.

Hs (m)	Tp (s)	dir (°N)	U (m/s)	Wdir (°N)	P (%)
0.87	4.71	245.76	9.20	210.00	13.839
1.41	5.68	246.56	11.00	220.00	4.328
1.76	6.28	248.61	12.80	220.00	2.523
2.24	6.88	249.70	14.70	220.00	1.353
0.85	4.88	268.51	7.30	240.00	13.798
1.67	6.03	267.15	11.00	240.00	2.871
2.16	6.74	264.96	13.80	250.00	1.530
2.84	7.56	267.88	15.60	260.00	0.768
0.93	5.39	304.48	4.60	250.00	9.760
1.71	6.59	304.03	9.30	290.00	2.378
2.43	7.47	304.00	12.10	290.00	1.028
3.50	8.57	303.29	13.90	290.00	0.423
0.92	5.96	323.31	4.60	250.00	9.031
1.80	7.11	323.18	9.50	320.00	1.979
2.53	8.29	323.30	11.40	330.00	0.853
3.70	9.61	322.31	13.30	330.00	0.336
0.65	5.52	342.14	3.80	440.00	18.923
1.10	5.99	342.54	4.90	390.00	6.127
1.51	6.56	342.84	6.80	390.00	2.971
2.22	7.72	338.48	11.30	350.00	1.078

Tabel B.1 representatief golfklimaat Katwijk op basis van de energy flux methode

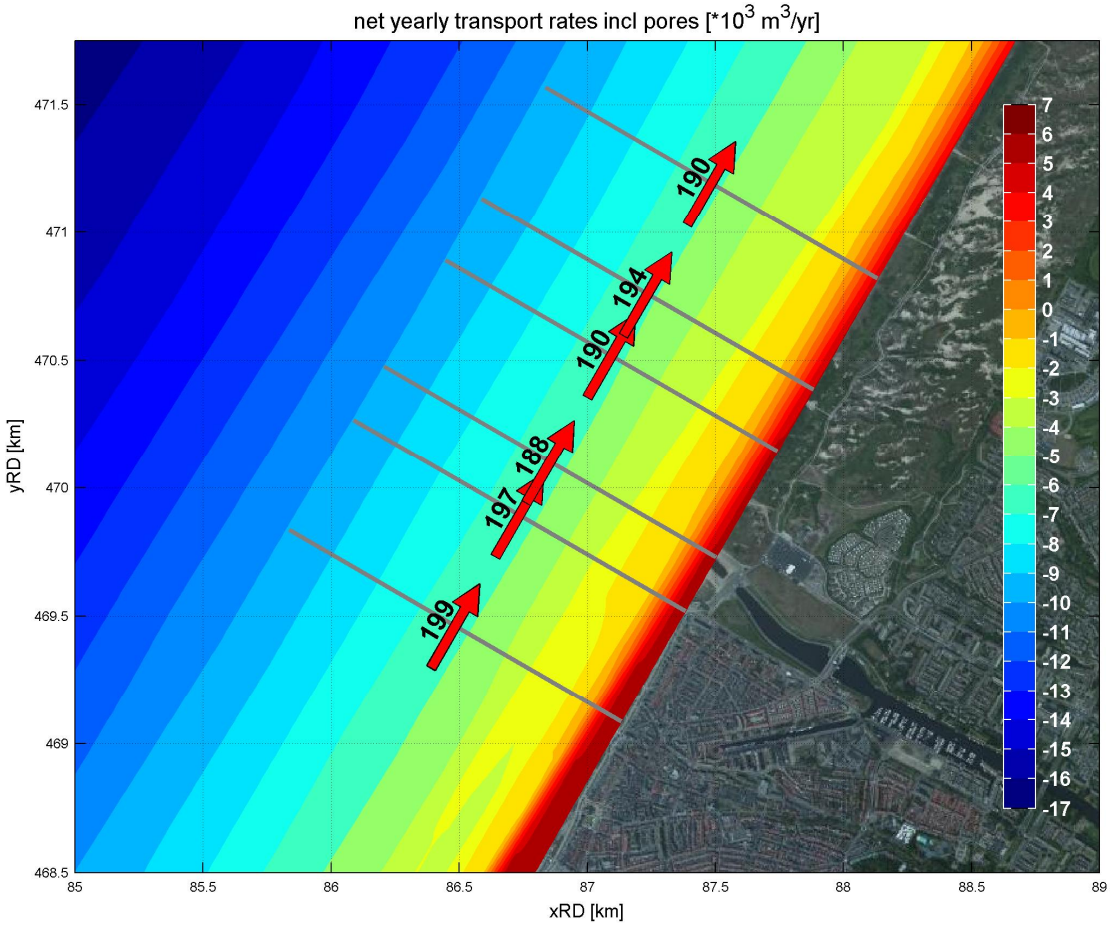
Verder zijn de sedimenttransportformuleringen van Van Rijn (2007) gebruikt, met een mediane korreldiameter D50 van 200µm.

B.2 Model resultaten

Er zijn 3 situaties doorgerekend: zonder jachthaven, met jachthaven met havendammen van 600 m lengte en met een jachthaven met havendammen van 350 m lengte. Voor elke situatie is netto jaarlijkse transporten bepaald en geïntegreerd voor enkele raaien dwars op de kust.

Situatie 1: zonder jachthaven

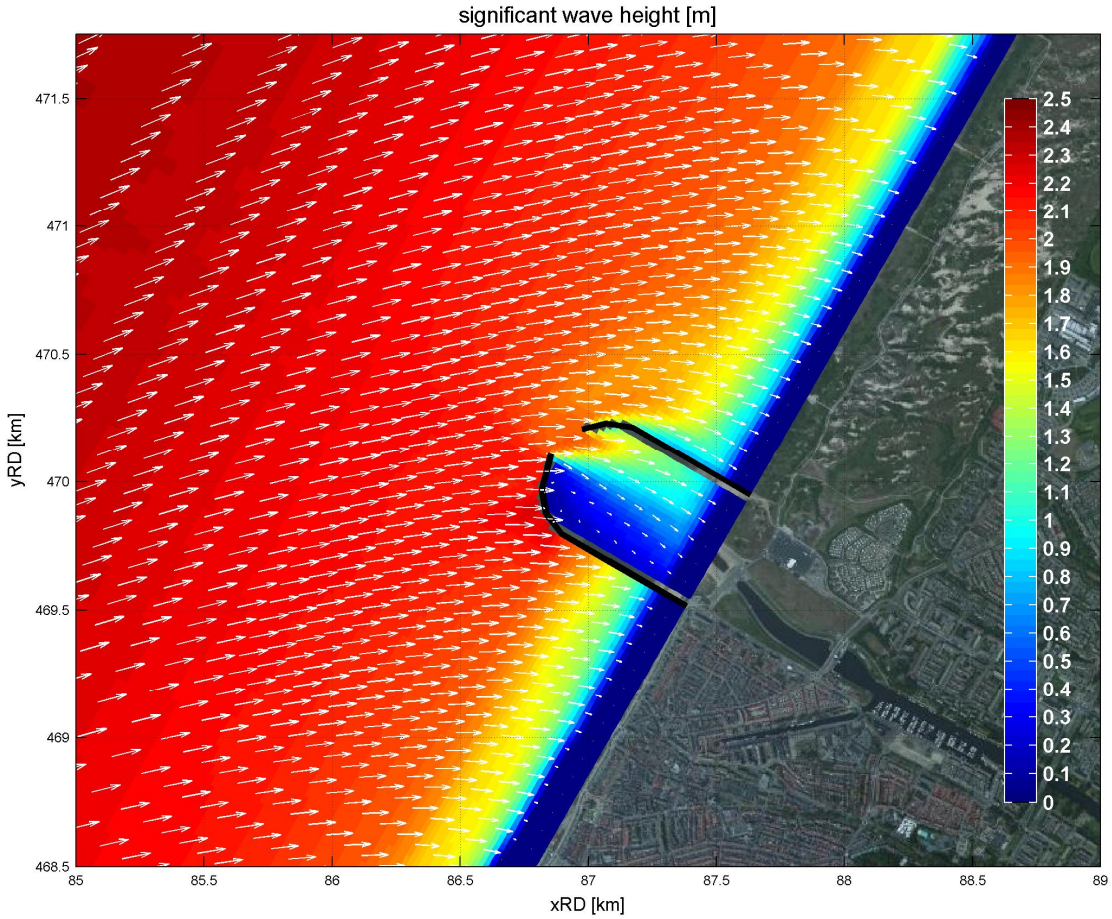
Figuur B.2 laat netto jaarlijkse langstransporten zien voor de situatie zonder jachthaven van ca. 195.000 m^3/jaar in noordelijke richting. Het transport varieert iets langs de kust door de variatie in bodemligging.



Figuur B.2 netto jaarlijks langstransport in de situatie zonder jachthaven

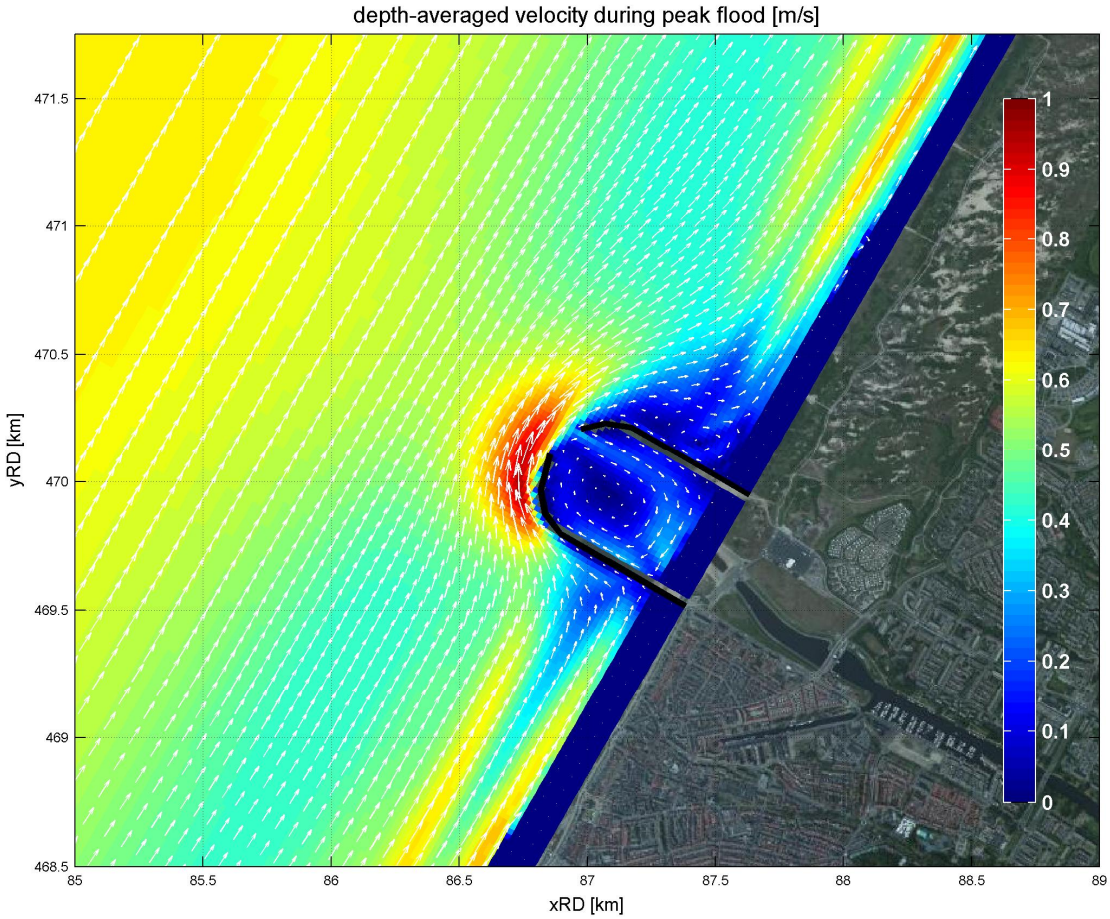
Situatie 2: met jachthaven met havendammen van 600 m lengte

Figuur B.3 laat het golfhoogte en –richtingsverloop zien voor conditie 4 (Hs = 2.24 m, Tp = 6.88 s, dir = 249.7 °N) bij een jachthaven met havendammen van 600 m lengte. Ten noorden van de jachthaven is een voor de golven afgeschermde zone war te nemen waar de golfhoogten aanmerkelijk lager zijn.



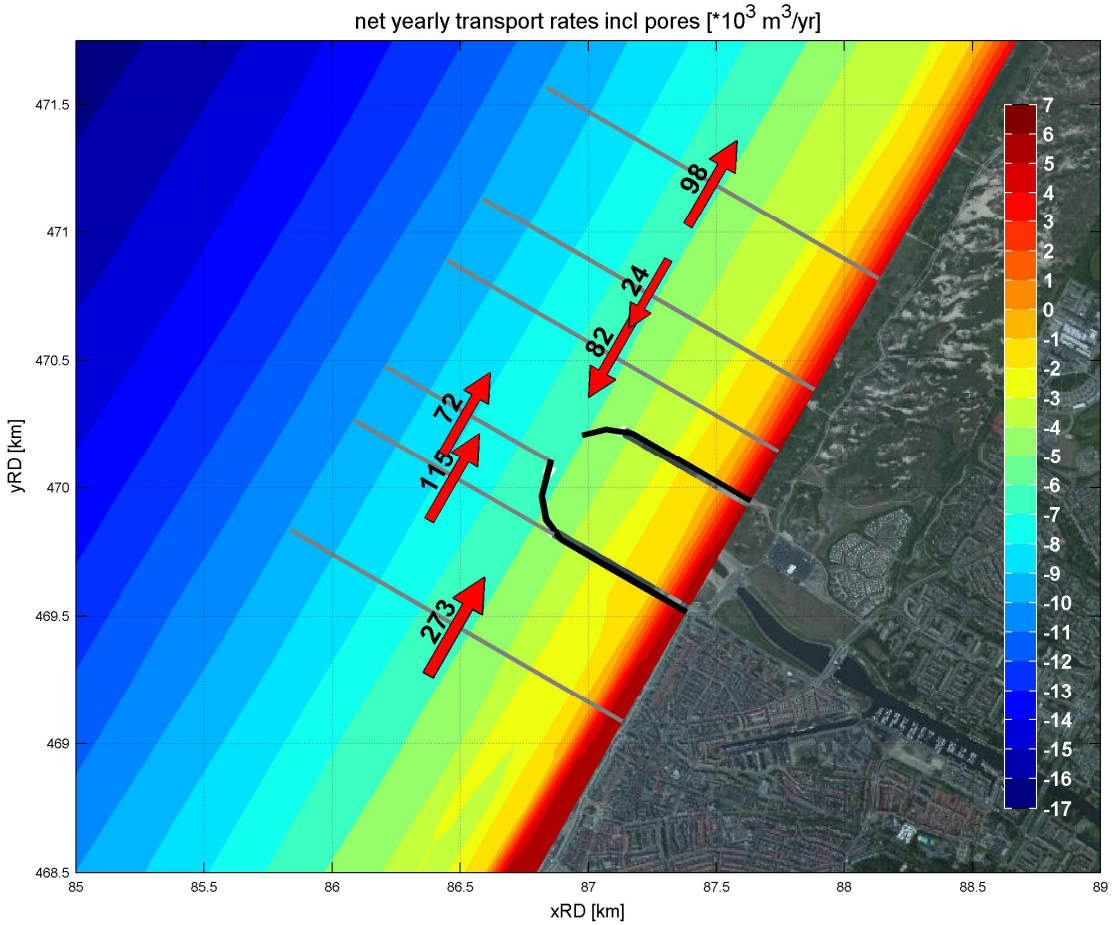
Figuur B.3 golfhoogte en –richting voor conditie 4 (Hs = 2.24 m, Tp = 6.88 s, dir = 249.7 °N) en een jachthaven met havendammen van 600 m lengte

Figuur B.4 laat de dieptegemiddelde snelheden zien gedurende piek vloed voor conditie 4 (Hs = 2.24 m, Tp = 6.88 s, dir = 249.7 °N) bij een jachthaven met havendammen van 600 m lengte. De verhoogde stroomsnelheden aan de punt van de zuidelijke havendammen als gevolg van stroomsnelheden bereiken waarden van ca. 1 m/s. De stroomsnelheden in de brandingszone, direct ten noorden van de jachthaven zijn aanzienlijk lager dan in de ongestoorde situatie.



Figuur B.4 dieptegemiddelde stroming gedurende piek vloed voor conditie 4 (Hs = 2.24 m, Tp = 6.88 s, dir = 249.7 °N) en een jachthaven met havendammen van 600 m lengte

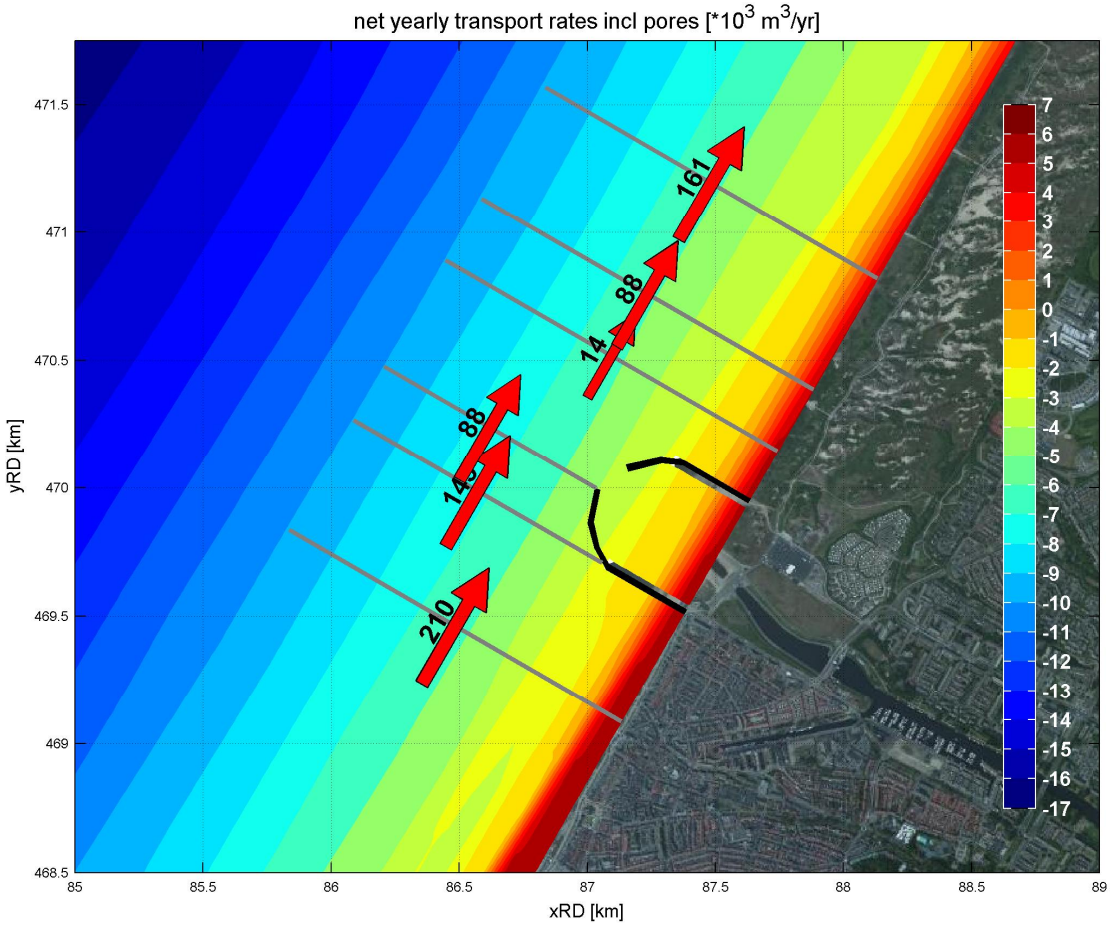
Figuur B.5 laat netto jaarlijkse langstransporten zien voor de situatie met een jachthaven met havendammen van 600 m lengte. Het netto jaarlijks langstransport ten zuiden van de jachthaven bedraagt ca. 275.000 m^3/jaar en bedraagt ca. 115.000 m^3/jaar ter plaatse van de zuidelijke havendam. Een gedeelte van dit sediment sedimenteert in de havenmonding, maar kan na verloop van tijd mogelijk ook weer verder worden getransporteerd naar het noorden. Bovendien zal het percentage van het netto jaarlijks langstransport dat de jachthaven passeert in de loop van de tijd toenemen als de kust aan de zuidzijde van de haven zich uitbouwt. Het hier gepresenteerd percentage betreft dus de initiële bypass, welke beschouwt mag worden als een ondergrens. De initiële bypass van sediment bedraagt 100% * (115.000 m^3/jaar /273.000 m^3/jaar) = 42%. De gemiddelde bypass na aanpassing van de kustlijn wordt geschat op 50%.



Figuur B.5 netto jaarlijkse langstransport golfhoogte bij een jachthaven met havendammen van 600 m lengte.

Situatie 3: met jachthaven met havendammen van 600 m lengte

Figuur B.6 laat netto jaarlijkse langstransporten zien voor de situatie met een jachthaven met havendammen van 350 m lengte. Het netto jaarlijks langstransport ten zuiden van de jachthaven bedraagt ca. 210.000 m^3/jaar en bedraagt ca. 143.000 m^3/jaar ter plaatse van de zuidelijke havendam. De initiële bypass van sediment bedraagt dus 100% * (143.000 m^3/jaar/210.000 m^3/jaar) = 68%. De gemiddelde bypass na aanpassing van de kustlijn wordt geschat op 75%



Figuur B.6 netto jaarlijkse langstransport golfhoogte bij een jachthaven met havendammen van 350 m lengte.

B.3 Conclusies

Op basis van berekeningen met een delft3D model voor een situatie zonder jachthaven, voor een situatie met een jachthaven met havendammen van 600 m lengte en voor een situatie met een jachthaven met havendammen van 350 m lengte zijn de initiële bypass percentages bepaald en zijn schattingen gemaakt voor de bypass percentages na aanpassing van de kustlijnen ten zuiden van de jachthavens.

Het initieel bypass percentage in de situatie met een jachthaven met havendammen van 600 m lengte bedraagt ca.42%. Voor het uiteindelijke bypass percentage, na aanpassing van de kustlijn wordt 50% aangehouden.

Het initieel bypass percentage in de situatie met een jachthaven met havendammen van 350 m lengte bedraagt ca.68%. Voor het uiteindelijke bypass percentage, na aanpassing van de kustlijn wordt 75% aangehouden.